



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en *Raphanus Sativus*
cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en
Huari, Ancash 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

ASENCIOS MÁRQUEZ, MERY CLARET

ASESOR:

Dr. CABRERA CARRANZA, CARLOS FRANCISCO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

LIMA - PERÚ

2017-I

Página del Jurado

.....

Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro

Presidente

.....

Dr. Johnny Valverde Flores

Secretario

.....

Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza

Vocal

Dedicatoria

A Dios por permitirme día con día aprender cosa nuevas, por bendecirme siempre y ser mi fortaleza espiritual.

A mis queridos padres Marcelina y Melquiades, por ser mi motivo para mi superación personal y profesional.

A mis queridos hermanos Elda, Yessela, Clotilde, Melquiades y Nicolás por motivarme a cada momento de no rendirme ante las adversidades.

Agradecimiento

Mis más sinceros agradecimientos:

A mi querida y adorada madre Marcelina por todas sus oraciones, todo su amor y apoyo incondicional en todas mis etapas de vida.

A mi querido padre Melquiades por todo su amor y apoyo incondicional.

A mi hermano Melquiades por su apoyo económico, sin ello no se hubiera concretado la culminación de mi carrera profesional.

A mi tía Emiliana y mi hermana Yessela por darme cobijo en sus casas durante todo este tiempo.

A la Municipalidad provincial de Huari por brindarme las facilidades en el Centro Ecológico de Huanchac.

Al Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza por toda su paciencia y enseñanza para culminar este trabajo de investigación.

A todos mis amigos... que me animaron y alentaron a seguir adelante.

Declaración de Autenticidad

Yo, Mery Claret Asencios Márquez con DNI N° 41478392, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de Julio del 2017

Mery Claret Asencios Márquez

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “**BIOACUMULACIÓN DE PLOMO (Pb) Y CADMIO (Cd) EN *Raphanus Sativus* CULTIVADOS CON COMPOST PRODUCIDO A BASE DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN HUARI, ANCASH 2017**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de **Ingeniera Ambiental**

La Autora

Mery Claret Asencios Márquez

Índice

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática	2
1.2 Trabajos previos.....	3
1.3 Teorías relacionadas al tema	8
1.3.1 Bioacumulación de metales pesados en las plantas.....	8
1.3.2 Metales pesados	9
1.3.2.1 Plomo	11
1.3.2.2 Cadmio.....	11
1.3.2.3 Clasificación de los metales pesados	11
1.3.2.3.1. Oligoelementos	11
1.3.2.3.2 Sin función biológica conocida	12
1.3.3 Origen de las contaminaciones por metales pesados en el suelo	12
1.3.3.1 Origen natural	12
1.3.3.2 Origen antropogénico.....	13
1.3.4 Biodisponibilidad de metales pesados en el suelo	14
1.3.5 Compostaje.....	14
1.3.5.1 Maduración y cosecha del compost.....	15
1.3.6 Residuos sólidos	16
1.3.6.1 Residuos Sólidos Municipales.....	16
1.3.7 <i>Raphanus sativus</i>	17
1.3.7.1 Descripción botánica.....	17
1.3.7.2 Cultivo	17
1.3.8 Capacidad de asimilación de metales pesados por las plantas	18
1.3.9 Contaminación por metales pesados en el ambiente y su repercusión sobre el ser humano	18
1.4 Formulación del problema.....	19
1.4.1 Problema general.....	19
1.4.2 Problemas específicos.....	19
1.5 Justificación del estudio	19
1.6 Hipótesis	21
1.6.1 Hipótesis general	21
1.6.2 Hipótesis específicos	21

1.7 Objetivos	21
1.7.1 Objetivo general	21
1.7.2 Objetivos específicos	22
II. MÉTODO	22
2.1 Diseño de investigación	22
2.2 Variables, operacionalización	23
2.2.1 Variables	23
2.2.1.1 Variable 1	23
2.2.1.2 Variable 2	23
2.3.1 Población	26
2.3.2 Muestra	26
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ...	27
2.4.1.2 Fase de campo	30
2.4.1.3 Fase de laboratorio	34
2.4.2.2 Fase de campo	35
2.4.2.3 Fase de laboratorio	37
2.5 Métodos de análisis de datos	38
2.6 Aspectos éticos	40
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIÓN	53
VII. RECOMENDACIONES	54
VIII. REFERENCIAS	55

Índice de tablas

Tabla 1. Los metales pesados más importantes, sus densidades, abundancia y su categoría como esenciales y/o contaminantes	10
Tabla 2. Niveles medios de elementos potencialmente tóxicos en rocas y suelos (mg/Kg)	13
Tabla 3. Operacionalización de variable 1	24
Tabla 4. Operacionalización de variable 2	25
Tabla 5. Concentraciones de Plomo y Cadmio en suelo y compost	41

Tabla 6. Tratamientos, proporciones y concentraciones de plomo y cadmio en el sustrato.....	41
Tabla 7. Concentraciones de Plomo y Cadmio en <i>R. sativus</i>	43
Tabla 8. Concentración de Plomo y Cadmio en compost después del cultivo.....	45
Tabla 9. Prueba de Normalidad.....	46
Tabla 10. Diferencia de medias de la concentración de plomo y cadmio antes y después del tratamiento	47
Tabla 11. Prueba T student para muestras relacionadas – Hipótesis general	48
Tabla 12. Prueba de Correlación de Pearson – Hipótesis específico 1	49
Tabla 13. Prueba de Correlación de Pearson - Hipótesis específico 2.....	50

Índice de Figura

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio	29
---	----

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Pilas de compost elaborado con RR.SS municipales en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.	31
Fotografía 2. Cribado del compost en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.....	31
Fotografía 3. Toma de muestra de compost en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.	32
Fotografía 4. Toma de muestra de suelo en Huari, Ancash.	32
Fotografía 5. Realizando el cuarteo de la muestra de suelo en Huari, Ancash. ...	33
Fotografía 6. Colocando la muestra de suelo en la bolsa ziploc en Huari, Ancash.	33
Fotografía 7. Siembra de <i>R. sativus</i> en maceteros en Huari, Ancash.	36
Fotografía 8. Crecimiento del <i>R.sativus</i> en maceteros, Huari, Ancash.....	36
Fotografía 9. Realizando muestreo de <i>R. sativus</i> en Huari, Ancash.	37
Fotografía 10. Vista panorámica del Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.....	82
Fotografía 11. Vista de diferentes cultivos en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.	82

Fotografía 12. Pilas de compost elaborado con RR.SS municipales en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.	83
---	----

RESUMEN

El reaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos usados como materia prima para realizar el compostaje, es una alternativa para minimizar el volumen de los residuos en la disposición final. Es así que el compost es usado para la agricultura orgánica, sin embargo la bioacumulación de metales pesados en las plantas cultivados con compost elaborado a base de residuos sólidos municipales genera una alerta, en cuanto al consumo de hortalizas contaminadas con metales pesados ya que puede causar daños en la salud de las personas y animales. El objetivo de esta investigación fue determinar la bioacumulación de plomo y cadmio en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash. La metodología usado en la investigación fue con enfoque cuantitativo, de alcance correlacional, de diseño preexperimental y posprueba con dos grupos no equivalentes en el que a un grupo se le aplicó cuatro tratamientos con 1 repetición y al otro grupo no (testigo) formándose 9 unidades experimentales. Los resultados obtenidos fueron: la concentración de plomo presente en el compost se encuentra por debajo de los Límites de Concentración según el R.D 865/2010, mientras que las concentraciones de cadmio presente en el compost superan los Límites de Concentración según el R.D 865/2010 y las concentraciones de plomo y cadmio en el *Raphanus sativus* también superan los Niveles Máximos de Concentración según la UE. Concluyendo que el plomo (Pb) y cadmio (Cd) son bioacumulados en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017 por lo tanto se demostró que pueden ser incorporados a la cadena trófica afectando la salud de los seres vivos.

Palabras clave: Bioacumulación, plomo, cadmio, *Raphanus sativus*, compost

ABSTRACT

The reuse of organic solid waste used as raw material for composting is an alternative to minimize the volume of waste in the final disposal. Thus compost is used for organic agriculture, however, the bioaccumulation of heavy metals in plants grown with compost made from municipal solid waste generates an alert, regarding the consumption of vegetables contaminated with heavy metals since it can cause Damage to the health of people and animals. The objective of this research was to determine the bioaccumulation of lead and cadmium in *Raphanus sativus* cultivated with compost produced from municipal solid waste in Huari, Ancash. The methodology used in the research was a quantitative, correlational, pre-experimental and post-test design with two non-equivalent groups in which one group was applied four treatments with 1 repetition and the other group did not (control) forming 9 units Experimental. Los resultados obtenidos fueron: la concentración de plomo presente en el compost se encuentra por debajo de los Límites de Concentración según el R.D 865/2010, mientras que las concentraciones de cadmio presente en el compost superan los Límites de Concentración según el R.D 865/2010 y las concentraciones de plomo y cadmio en el *Raphanus sativus* también superan los Niveles Máximos de Concentración según la UE. Concluyendo que el plomo (Pb) y cadmio (Cd) son bioacumulados en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017 por lo tanto se demostró que pueden ser incorporados a la cadena trófica afectando la salud de los seres vivos.

Key words: Bioaccumulation, lead, cadmium, *Raphanus sativus*, compost

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la población se ha vuelto muy consumista, ello ha generado el aumento de los residuos sólidos ya que el proceso de descomposición de los mismos tarda miles de años, originándose así la contaminación ambiental por residuos. En ese sentido la preocupación del MINAM es el inadecuado tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en muchas ciudades del país, en donde es necesario diseñar estrategias para generar en la población una mayor conciencia ambiental, fomentando cambios de actitud para que con el tiempo se minimice y se maneje adecuadamente los residuos sólidos.

A nivel nacional son muchos los esfuerzos llevados a cabo en la minimización del volumen de los residuos por parte de las municipalidades provinciales y distritales, ya que a través de diferentes programas o estrategias vienen promoviendo en la población el reaprovechamiento de los residuos orgánicos e inorgánicos, como es el caso de la municipalidad provincial de Huari que a través del Centro Ecológico de Huanchac reaprovecha los residuos municipales para la producción de compost; sin embargo el trabajo que se realiza en dicho lugar no garantiza que el producto obtenido sea óptimo en cuanto a calidad, ya que el manejo adecuado y tratamiento de residuos sólidos por parte de la población es aun deficiente. Como refiere Ansorena, Batalla y Merino (2014, p. 4) la calidad del compost no tiene un criterio absoluto, ya que depende de la utilidad que se le dé, en efecto la calidad del compost se puede determinar mediante experimentos de campo, en donde a través del cultivo de las plantas en condiciones reales y a diferentes concentraciones o proporciones usadas de compost se evalúa la respuesta de las plantas (crecimiento radicular, cantidad de hojas, etc.). De otro modo sería midiendo sus propiedades físicas, química y biológicas mediante análisis de laboratorio.

La presente investigación tiene como finalidad determinar la existencia de bioacumulación de plomo y cadmio en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash; puesto que al

acumularse dichos metales en el vegetal y al entrar en la cadena alimenticia causan serios daños en la salud de las personas.

1.1 Realidad Problemática

La gestión de los residuos sólidos en muchas ciudades de nuestro país aún tiende a ser deficiente, en cuanto al manejo adecuado de los residuos sólidos desde la generación, segregación en la fuente, almacenamiento en las viviendas, recolección, transporte y disposición final que constituyen un problema muy serio, ya que la población en general desconoce el manejo adecuado de los residuos y no tienen hábitos de segregar, en ese sentido se recolectan y transportan residuos sólidos domésticos, comerciales, de instituciones educativas e instituciones en general hacia su disposición final (relleno sanitario y/o botadero), cabe mencionar que los botaderos no cuentan con infraestructura acondicionada para la disposición final de los residuos sólidos agudizando aún más el problema.

La ciudad de Huari cuenta con una población de 10 283 habitantes (INEI, s.f.) y dispone diariamente 7.76 toneladas de residuos sólidos en la disposición final, semanalmente 54.31 toneladas, la generación per cápita de residuos sólidos municipales es de 3.56 kg./hab./día y la de residuos sólidos domiciliarios es de 0.44 kg./hab./día. (SIGERSOL, 2015). Para disminuir el volumen de los residuos sólidos que finalmente son dispuestos en el botadero controlado de su jurisdicción, la municipalidad de Huari cuenta con un centro ecológico en donde realiza el tratamiento de los residuos municipales mediante la técnica del compostaje en donde la materia prima para su elaboración son los residuos sólidos orgánicos, así como también otros residuos de la limpieza de calles (tierra), papeles, aserrín, entre otros.

El producto obtenido es el compost, este es usado como abono para los cultivos de hortalizas, pasto para animales menores (cuyes y conejos) y árboles frutales, que posteriormente son expendidos en los mercados de la ciudad de Huari; sin embargo al compost que es usado como sustrato o abono no se le realizan análisis químicos para determinar presencia de metales pesados (plomo y cadmio) y mucho menos a los cultivos no se les realiza un control de calidad en cuanto a contenido de metales pesados, por lo cual no se sabe con certeza si

esos cultivos son inocuos para la salud de las personas. El consumo de hortalizas que han bioacumulado plomo y cadmio trae como consecuencia daños en la salud de las personas, en niños (afecta el desarrollo del cerebro y del sistema nervioso), en mujeres embarazadas (provoca aborto, muerte fetal, malformaciones en el feto), en otras personas provoca daños renales, cáncer, entre otras patologías. Por todo ello con la presente investigación se aporta información para que en la municipalidad provincial de Huari y otras municipalidades que realizan la minimización de los residuos sólidos mediante el compostaje puedan probar la calidad del compost mediante su uso en proporciones adecuadas para los cultivos de tal manera que no sean bioacumulados los metales pesados como el plomo y cadmio o en todo caso la calidad tanto del compost como de los cultivos de hortalizas se lleven a cabo mediante análisis de laboratorio y con ello prever riesgos en la salud.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 A nivel nacional

Según Abanto (2016), en la tesis de grado “Fuentes fosfatadas en dos suelos en la concentración de cadmio foliar en maíz bajo condiciones de invernadero” de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Establece el objetivo general de evaluar el efecto de la fertilización fosfatada y dos tipos de suelos en la absorción de cadmio en la materia seca de las plantas de maíz. La metodología empleada fue en condiciones de invernadero, para ello usaron dos tipos de suelo (suelo arenoso y suelo franco arenoso) a los que se añadieron fosfato diamónico y roca fosfórica acidulada con ácido sulfúrico (ambos fueron molidos y luego disueltos) en dosis de 200 ppm, 100 ppm y 50 ppm y un tratamiento testigo para cada tipo de suelo sin ninguna dosis, en total resultaron 7 tratamientos, se llenaron 21 macetas con 3.5 Kg de suelo arenoso y otras 21 macetas con 3.5 Kg de suelo franco arenoso, se sembró en forma directa las semillas de maíz (10 semillas por maceta) y en sus 3 repeticiones, se aplicó la primera fertilización (fertilizante sólido molido y disuelto) y después de 28 días se aplicó la segunda fertilización, pasado un mes se cosechó el maíz (parte aérea y radicular). Concluye que la absorción de cadmio en la parte foliar de la planta se obtuvo cuando se usó 200 ppm de fosfato diamónico en el suelo arenoso y 200 ppm de

roca fosfórico en suelo franco arenoso; por otro lado la absorción de cadmio en la parte radicular de la planta se obtuvo cuando se usó 200 ppm de fosfato diamónico en suelo franco arenoso y 200 ppm de fosfato diamónico en suelo arenoso.

Hoyos y Guerrero (2014), en su artículo científico “Bioacumulación de Plomo y Cadmio en *Brassica oleracea* subsp. *capitata* (L.) Metzg. y *Raphanus Sativus* L.” de la Universidad Nacional de Trujillo realizaron una investigación con la finalidad de valorar la concentración de plomo y cadmio bioacumulados en *Brassica oleracea* subsp. *capitata* (L.) Metzg. y *Raphanus sativus* L. Para el estudio se acondicionaron 40 pozas de 40 cm de cada lado por 30 cm de profundidad y la separación entre ellas de 40 cm, se impermeabilizaron con polietileno para prevenir derrames, luego se colocaron en cada poza suelo de textura franco arenoso sin contenido de plomo y cadmio. Las soluciones patrón fueron preparados en concentraciones de 1000 mg/L de plomo y en la misma concentración de cadmio. Se trabajaron 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones y un testigo, en el T1 las plantas de cada especie (4) se regaron con plomo de concentración 100 mg/ L, en el T2 las plantas de cada especie se regaron con concentración de plomo 300 mg/L, en el T3 las plantas se regaron con cadmio 100 mg/L, en el T4 las plantas se regaron con cadmio 300mg/L y en el testigo las plantas fueron regados solo con agua destilada por 8 días cada una de ellas en un lapso de 60 días. Concluyeron que las hojas y tallos de *B. oleracea* subsp. *capitata* (L.) Metzg acumularon la mayor concentración siendo 127.75 mg/Kg peso seco de plomo y 180 mg/Kg peso seco de cadmio regados con solución de 300mg/L de cada uno de los metales; asimismo las raíces de *Raphanus sativus* L. acumularon la mayor concentración de plomo 112 mg/Kg peso seco y cadmio 125.5 mg/Kg peso seco regados con solución de 300 mg/L.

1.2.2 A nivel Internacional

Al respecto Mirabent (2015), en la tesis “Determinación de metales en hortalizas y parámetros físico-químicos de las aguas de riego de dos organopónicos de Camagüey” de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas, en Cuba. Explica que la investigación se realizó en organopónicos de La Rubia y Planta Mecánica que se localizan en la ciudad de Camagüey, el objetivo fue

determinar concentraciones de metales en hortalizas y parámetros físico-químicos en aguas de regadíos. Las muestras de hortalizas analizadas fueron las que se encontraron listas para su cosecha en los dos organopónicos, se determinó concentraciones de cadmio, plomo, cobalto, hierro, manganeso, zinc, cobre y níquel, mediante el Método de Absorción Atómica con Llama. Concluyó que el contenido de metales en las hortalizas estudiadas (acelga, espinaca, pimiento, rábano, zanahoria, entre otras) presenta concentraciones de plomo, cadmio, hierro y manganeso que se encuentran superando las normas establecidas, por lo que no están aptos para su consumo.

Según Olivares *et al.* (2013), en el artículo científico “Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la habana, cuba” explicaron que las zonas de estudio fueron 17 fincas que se dedican a la agricultura urbana en un radio de área de dos kilómetros cerca al vertedero Calle 100. Se analizaron muestras de suelo y hortalizas listas para cosechar. Concluyeron que las concentraciones de los elementos pesados en los suelos de cultivo estuvieron en rangos de 0.24 - 2.1 mg/kg para cadmio, 38.4 - 81.3 mg/kg para cobre, 18.1 - 138.5 mg/kg para plomo y 44.1 - 294.7 mg/kg Para zinc. En el caso del Pb (23%) de suelos superan los valores que se consideran como fitotóxicos y los LMP en algunas normas internacionales. En el caso de las hortalizas se analizaron 11 tipos de hortalizas de los cuales un 27% (3) fueron contaminados con plomo, 18% (2) fueron contaminados con zinc y Un 9% (1) fue contaminada con cadmio. Por lo cual las muestras de hortalizas estudiadas superan los LMP de metales pesados en alimentos de consumo humano establecidos por la norma cubana.

Al respecto Puerta (2012), en el artículo científico “Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos” en Colombia, cuyo objetivo fue evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos mediante la técnica del compostaje y lombricultivo, para lo cual comparó el producto generado a base de residuos sólidos municipales según los criterios de la normatividad colombiana. Concluyo que dicha comparación garantiza la aplicación del compost como abono y acondicionador de suelos, de esa manera se evita la disposición inadecuada de los residuos disminuyendo la contaminación del agua, suelo y aire.

Rodríguez *et al.* (2012), en el artículo científico “Contenido de Metales Pesados en Abonos Orgánicos, Sustratos y Plantas Cultivadas en Organopónicos” en Cuba, establecieron el objetivo general de evaluar el contenido de Cd, Pb, y Ni en abonos orgánicos, sustratos y hortalizas cultivadas en organopónicos de la provincia de La Habana y de Guantánamo, explicaron que la utilización de abonos orgánicos elaborados con diferentes materiales, como el compost elaborado con residuos sólidos urbanos, en organopónicos como práctica de la agricultura urbana, es una alternativa para cultivar hortalizas con pocos insumos. Para el uso de los abonos orgánicos, se necesita de una evaluación minuciosa de los contenidos en elementos pesados, ya que estos pueden acumularse en los suelos y sustratos, alterando su equilibrio biológico y afectando la producción de los cultivos, la salud de los animales y la salud de las personas. Se determinó plomo, cadmio y níquel en el contenido de los abonos orgánicos, sustratos y también su efecto en los vegetales que se producen en organopónicos de La Habana y Guantánamo. Para las muestras de abono orgánico se tomaron 10 submuestras con los que se formaron tres muestras compuestas en cada pila, para las hortalizas se tomaron 20 submuestras en zigzag para formar 3 muestras compuestas; las muestras de hortalizas fueron de frutos, hojas y tallos (pimiento y rábano), hojas y tallo (acelga y lechuga). Los resultados de metales pesados contenidos en los abonos orgánicos empleados en los organopónicos de la ciudad de Guantánamo superan los LMP del compost clase C, el contenido total de metales pesados en sustratos (cadmio total y plomo total) se encuentran por debajo de los LMP, mientras que el contenido de Ni superan los límites; las concentraciones de los metales pesados de los organopónicos de La Habana se ubican dentro de los LMP, excepto en el organopónico las margaritas la concentración de plomo supera el LMP; el contenido de metales pesados en plantas (hojas de acelga) la concentración de cadmio se encuentra por debajo del LMP, mientras que en el pimiento el contenido de cadmio se encuentra en las hojas y tallo sin traslocarse al fruto, así como la concentración de Pb en las hojas de acelga y el fruto del pimiento se encuentran por encima de los LMP. Concluyeron que el compost producido a base de la basura doméstica recolectadas sin previa clasificación presentan concentraciones de Cd y Pb que superan los LMP y no deben usarse para la

producción de hortalizas ya que se traslocan en los órganos de las vegetales comestibles en cantidades que causan daños a la salud de la población, sin embargo otra alternativa sería usar en la producción de forestales y plantas ornamentales.

Como mencionan Gonzales, Tornero, Sandoval, Pérez y Gordillo (2011), en el artículo científico “Biodisponibilidad y fraccionamiento de metales pesados en suelos agrícolas enmendados con biosólidos de origen municipal” en México, establecieron el objetivo general determinar los valores biodisponibles y la distribución de Cadmio, Cobre, Níquel, Plomo, y Zinc en suelos abonados con biosólidos en un periodo de seis años. La metodología empleada para su investigación consistió en aplicar biosólidos en una cantidad de 40 tn/ha. en seis parcelas de 1 ha cada una, también trabajaron con una parcela sin aplicarle biosólidos para el tratamiento testigo, el estudio se realizó entre 2003 y 2008, los biosólidos fueron añadidos al suelo con tracción mecánica y posterior a ello se sembró maíz (*Zea mays L.*), para la toma de muestra utilizó el patrón de muestreo en zigzag en las siete parcelas, en cada una de ellas se tomaron 10 submuestras en una profundidad de 0 a 30 cm, luego se mezclaron las muestras para que por cuarteo se obtengan siete muestras compuestas de 1 kg cada una, posteriormente fueron llevadas al laboratorio en el que se analizaron. Los resultados obtenidos fueron: no se encontró concentraciones de Cd en las muestras, las concentraciones de Cu y Pb presentaron la mayor disponibilidad en el suelo con un año de antigüedad después del tratamiento con biosólidos, el Ni y el Zn alcanzaron su concentración biodisponible después de 6 años de haber tratado los suelos con biosólidos. Concluyeron que la concentración biodisponible de Cu, Cd, Ni, Pb y Zn en los suelos abonados no refleja una tendencia en todos los elementos pesados; es decir después de aplicar biosólidos con el tiempo no aumenta ni disminuye durante los 6 años, por otro lado la biodisponibilidad del Cu y Pb disminuye al pasar el tiempo, mientras que el Ni y Zn aumentan, entonces se afirman que la antigüedad de la aplicación de biosólidos no influye en el aumento de la biodisponibilidad de los metales, finalmente al agregar biosólidos en todos los suelos estudiados incrementa la concentración total de los metales, pero no está relacionado con el aumento de la concentración biodisponible.

Como refieren Arroyave, Araquen y Peláez (2010), en su artículo científico “Evaluación de la bioacumulación y toxicidad de cadmio y mercurio en pasto llanero (*Brachiaria dictyoneura*)” en Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, cuyo objetivo fue evaluar la capacidad de transferencia y acumulación de Cadmio y mercurio sobre *Brachiaria dictyoneura*. La metodología empleada para su estudio fue en condiciones de invernadero de 2.7 m² de área, se mezcló el suelo con soluciones de cadmio y mercurio en cuatro concentraciones 1 mg/Kg, 5 mg/Kg, 25 mg/Kg y 125 mg/Kg; el efecto del cadmio y mercurio sobre la capacidad bioindicadora del pasto llanero fue de la siguiente manera: en 2 Kg de suelo tratado con cadmio y mercurio en las cuatro concentraciones se le añadieron 5 gramos de semillas de *Brachiaria dictyoneura* después de 20 días se realizó la medida de la planta, posterior a ello se monitoreo por un lapso de 50 días. Los resultados obtenidos fueron que las concentraciones de Cd y Hg se incrementaron al acumularse en la planta, pero no se evidenciaron diferencias significativas en el crecimiento y coloración de la planta, por lo que determinó que *Brachiaria dictyoneura* era tolerante a dichas concentraciones, en cuanto a la cinética de transferencia del cadmio durante 50 días de estar expuesto el *B. dictyoneura* al tratamiento con cadmio, observaron una absorción continua del metal, indicando la transferencia desde el suelo hacia la planta en forma proporcional al tiempo de exposición. Concluyeron que *B. dictyoneura* posee un mecanismo de tolerancia al cadmio, mediante un proceso de acumulación encontrándose un 23% de Cd absorbido por la raíz de la planta y un 77% acumulado en el tallo y las hojas, del mismo modo dicha planta posee un mecanismo de tolerancia al Hg por su capacidad de acumular y reducir la concentración en suelos contaminados.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Bioacumulación de metales pesados en las plantas

Según la FAO (1991, p.134), el problema de los metales pesados es que se pueden acumular en los tejidos de la planta llegando a concentraciones que perjudiquen la salud de las personas o animales que se alimenten de ellas, un ejemplo es el cadmio que se traslada con relativa facilidad desde la raíz hasta la parte aérea de la planta.

La bioacumulación es un proceso de absorción, transformación y acumulación de algunas sustancias químicas en un organismo vivo al encontrarse éste expuesto a contaminantes en el suelo, agua o aire. La existencia de sustancias que se encuentran en pequeñas cantidades en el medio ambiente puede llegar a acumularse a través del tiempo dentro de un organismo vivo, trayendo consigo efectos perjudiciales a largo plazo.

Dalzell (1991, p.134) menciona que los residuos sólidos urbanos que son utilizados para la elaboración de compost pueden contener niveles significativos de elementos pesados como cobre, níquel, zinc. Además metales como el cadmio, plomo y mercurio pueden estar presentes en concentraciones mínimas que no causen efectos negativos sobre el crecimiento de la planta. Pero surge un problema los metales pesados pueden acumularse en los vegetales y dar concentraciones que perjudiquen la salud de las personas y los animales que se alimentan de los cultivos.

Los metales pesados no se degradan fácilmente por medios naturales o biológicos, puesto que no tienen funciones metabólicas conocidas en los seres vivos, dichos metales son peligrosos ya que se bioacumulan en diversos cultivos. Sin embargo, la capacidad de las plantas para bioacumular metales y otros elementos contaminantes difieren según la especie vegetal y la naturaleza de los contaminantes, esta diferencia en la absorción de metales se debería a la capacidad de retención del metal en estudio, a través del suelo de cultivo y la interacción de componente planta, raíz, metal y a la vez al metabolismo del vegetal.

1.3.2 Metales pesados

El término de metales pesados está asociado a los elementos que causan efectos negativos en el ambiente por ser tóxicos. Se le conoce también como metales pesados a los elementos químicos que tienen una densidad por arriba de los 6 g/cm^3 , a la mayoría de metales de transición se le puede denominar metales pesados una excepción es el titanio cuya densidad es $4,5 \text{ g/cm}^3$, también se le denomina metal pesado al arsénico (no metal) cuya densidad es $5,7 \text{ g/cm}^3$ y que

por sus propiedades de carácter ambiental se le conoce también como elemento pesado (Doménech y Peral, 2006, p.121)

Los metales ingresan al organismo mediante los alimentos o en forma de partículas mediante la respiración, éstos se almacenan en el organismo produciendo toxicidad. Como refiere la OMS (2015, párr. 21) Los elementos pesados ya sea el plomo, el cadmio, el mercurio entre otros generan daños en el sistema nervioso central y renal, la transferencia de los metales pesados hacia los alimentos son ocasionados por la contaminación del suelo, agua o el aire.

Tabla 1. Los metales pesados más importantes, sus densidades, abundancia y su categoría como esenciales y/o contaminantes

Elemento	Densidad g/cm ³	Rocas mg/Kg	Esencial	Contaminante vegetal/ animal
Ag	10.5	0.07		X
Au	19.3	0.05		
Bi	9.8	0.17		X
Cd	8.7	0.2		X
Cr	7.2	100.0	X	X
Co	8.9	25.0	X	X
Cu	8.9	55.0	X	X
Fe	7.9	6x10 ⁴	X	X
Hg	13.6	0.08		X
La	6.2	25.0		X
Mn	7.4	950.0	X	
Pb	11.3	13.0		X
Mo	10.2	1.5	X	X
Ni	8.9	75.0	X	X
Pt	21.5	0.05		
Tl	11.9	0.45		X
Th	11.5	9.6		X
Sn	7.3	2.0	X	X
U	19.1	2.7		X
V 6.1	135.0			X
W	19.3	1.5	X	X
Zn	7.1	70.0	X	X
Zr	6.5	165.0		X

Fuente: Tomado de Bautista (1999, p.34).

1.3.2.1 Plomo

El plomo es un metal muy tóxico, durante muchos años ha sido muy utilizado para las aleaciones de piezas metálicas, o en la industria química para la fabricación de pinturas, pesticidas, tuberías y cristalerías.

El plomo ingresa al organismo a través del consumo de alimentos contaminados como carnes, mariscos, vegetales, frutas, etc. Y luego este metal a través de la sangre se traslada por todo el organismo llegando al cerebro, pulmones, hígado, riñones y huesos, se queda en dientes y huesos, y en ellos se acumula a lo largo del tiempo (OMS, 2016, párr. 2).

Las fuentes de exposición del plomo son diversas: juguetes, quema de basura al aire libre, pilas, baterías, pinturas, empaque de alimentos, cosméticos, cerámica, tuberías antiguas, soldaduras, plásticos, etc.

1.3.2.2 Cadmio

El cadmio al encontrarse en el suelo es absorbido por la materia orgánica en donde se genera depósitos que posteriormente son transferidos a las plantas de consumo humano o animal. La exposición al cadmio de las personas que viven cerca o trabajan en los vertederos de residuos sólidos, en las fábricas, en las refinerías de metal suelen ser más propensos a los daños en su salud. Al respecto la OMS (2016, párr. 1) menciona que el cadmio causa efectos perjudiciales en los riñones, el sistema óseo y respiratorio; también este metal está denominado como cancerígeno para los seres humanos

Las fuentes de exposición del cadmio son diversos: tabaco, juguetes, pilas, baterías, quemar al aire libre, fertilizantes de fosfatos, tintes, incienso, etc.

1.3.2.3 Clasificación de los metales pesados

1.3.2.3.1. Oligoelementos

Los oligoelementos son necesarios en pequeñas cantidades para los seres vivos y cuando se presentan por encima de los niveles recomendados llegan a ser tóxicos. Los micronutrientes son: Boro (B), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Manganeso

(Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Selenio (Se) y Zinc (Zn) (Yacomelo, 2014, p. 28).

1.3.2.3.2 Sin función biológica conocida

Este tipo de metales son muy tóxicos, ya que su exposición continua causa la acumulación progresiva y se puede transferirse a otros organismos afectando la salud de las personas y los animales, Según Navarro et al. (Como se citó en Yacomelo, 2014, p. 28).

A este grupo de metales pertenecen: Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Bario (Ba), Arsénico (As), cromo (Cr) y Plomo (Pb).

1.3.3 Origen de las contaminaciones por metales pesados en el suelo

La contaminación por metales pesados en el suelo se puede dar a través de dos formas de origen: natural y antropogénico.

1.3.3.1 Origen natural

El contenido de metales pesados en los suelos se debe al material original, y varían en el transcurso del tiempo debido a los procesos edafogénicos zonales, en el que influye la topografía, el clima, la vegetación, etc. Y por ello los metales pesados se encuentran de forma natural en el suelo y cuando aumentan su concentración son tóxicos ya que pueden acumularse en los vegetales y ser perjudiciales cuando otros seres vivos se alimentan de ellas. Bautista (1999, p.36) los elementos pesados se encuentran en los minerales primarios, de las rocas y coprecipitados en minerales secundarios; es decir la cristalización originada por el intemperismo. Los metales pesados se pueden encontrar en los minerales que conforman el tipo de roca.

Tabla 2. Niveles medios de elementos potencialmente tóxicos en rocas y suelos (mg/Kg)

Elemento	Rocas ígneas		Rocas sedimentarias	En suelos	
	basalto	granito		intervalo	media
As	1.5	1.5	7.7	0.1 - 40	6.0
Bi	0.031	0.065	0.4	0.1 - 0.4	0.2
Cd	0.13	0.09	0.17	0.01 - 2	0.35
Hg	0.012	0.08	0.19	0.01 - 0.5	0.06
In	0.058	0.04	0.044	0.2 - 0.5	0.2
Pb	3.0	24.0	19.0	2.0 - 300	19.0
Sb	0.2	0.2	1.2	0.2 -10	1.0
Se	0.05	0.05	0.42	0.05	0.4
Te	<0.1	<0.1			
Tl	0.08	1.1	0.95	0.1 - 0.8	0.2

Fuente: Tomado de Bautista (1999, p.37).

1.3.3.2 Origen antropogénico

Los metales pesados se convierten en contaminantes cuando el medio ambiente es alterado por las actividades humanas producto de extracciones mineras, efluentes industriales, emisiones a la atmosfera, inadecuado manejo de residuos sólidos, entre otros. La contaminación por elementos pesados en el suelo son diversos como por ejemplo uso de fertilizantes y plaguicidas, vertidos de aguas residuales, emisiones del parque automotor, etc. Fuentes antropogénicas se pueden clasificar en fuentes puntuales o fijas: las industrias y fuentes no puntuales o móviles: los fertilizantes, las cenizas, los pesticidas, etc. según sea su procedencia (Bautista, 1999, p. 37).

Como se menciona en Ramos (2002, p. 25) el incremento de la población y el aumento de la necesidad de alimentos, ha influido en la intensificación de los cultivos, trayendo consigo un aumento indiscriminado sobre el uso y la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, en paralelo con el tiempo se ha incrementado las actividades urbanas e industriales, generando emisiones a la atmosfera en cantidades importantes de los metales pesados.

1.3.4 Biodisponibilidad de metales pesados en el suelo

Galán y Romero (2008, p. 49) la biodisponibilidad se refiere a la forma libre en el que se encuentra un elemento o sustancia ya sea contaminante o no, para ser absorbido o ingerido por un organismo. Un elemento puede estar biodisponible en función: a su propiedad física y química en la que se presenta en el medio y también a la capacidad de absorberlo o ingerirlo por un organismo (proceso conocido como bioacumulación) dándose en concentraciones mayores de las que se encuentra en el medio donde habita.

Los metales pesados deben encontrarse disponibles en los suelos y ser captados por los seres vivos para causar toxicidad, en ese sentido la biodisponibilidad está muy relacionado con las condiciones fisicoquímicas del ambiente.

La biodisponibilidad de un elemento pesado constituye a la fracción que está disponible para que las plantas la absorban. La biodisponibilidad es el grado en el que un elemento sea contaminante o no se encuentre libre o disponible para entrar o salir de un organismo, pero depende de factores fisiológicos y factores externos al mismo tiempo. La biodisponibilidad de los elementos pesados constituye un indicador en la calidad de los suelos, puesto que la concentración presente del metal en ella no guarda relación con la absorción por las plantas. La biodisponibilidad se puede afectar por las propiedades químicas del suelo (pH, materia orgánica, tipo de arcilla, óxidos de hierro, aluminio y manganeso, CIC y aniones solubles), su inserción a la cadena trófica está ligada al tipo de metal pesado, de sus propiedades químicas y del tipo de organismos afectados (Tecnología minera, p.218).

1.3.5 Compostaje

Según el Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente (2013, p. 87), el compostaje es una tecnología en donde se da la estabilización y el tratamiento de los residuos fácilmente biodegradables, mediante procesos biológicos y aerobios se obtiene compost, el cual facilita la reinserción de la materia orgánica al suelo, para ello se requiere de condiciones controladas de aireación y humedad para favorecer a los microorganismos termófilos alcanzar

temperaturas adecuadas. Otra definición de compostaje es transformar la fracción orgánica reduciéndola y estabilizándola de tal forma que se respete al entorno, al mismo tiempo involucrar y dar responsabilidad a la sociedad dedicada a la producción para obtener un producto de calidad (compost).

El compostaje es un proceso en el que participan diversos microorganismos, este proceso se lleva a cabo en condiciones aerobias, adecuada humedad y temperatura para garantizar una buena transformación de los materiales orgánicos en un producto asimilable por las plantas. El compostaje es un proceso metabólico complejo en la participan diversos microorganismos, que en presencia de oxígeno, utilizan el nitrógeno y el carbono presente en el material orgánico para generar su propia biomasa, a la vez generan calor y un producto sólido estable denominado compost (FAO, 2013, p. 23).

1.3.5.1 Maduración y cosecha del compost

En la maduración del proceso de compostaje Rodríguez y Córdova (2006, p. 35) influyen muchos factores y por eso es difícil tener una precisión, la frecuencia del mezclado, las condiciones climáticas y el tipo de materiales incorporados en las pilas. Un indicador del proceso de finalización es cuando la temperatura desciende y se estabiliza a la temperatura del ambiente, obteniendo así el compost. Adicionalmente se puede cernir o tamizar el compost para ello se recomienda un tamiz de 10 mm de abertura, los materiales que son rechazados al cernir, nuevamente son reincorporados en una nueva pila (Proceso de compostaje)

Según Iwegbue (como se citó en Abanto, 2016, p.14), los metales pesados se asocian al compost mediante la hidrosolubilidad, intercambio iónico, precipitación, coprecipitación de los óxidos metálicos y la absorción por los ligandos orgánicos. La fase de asociación y solubilidad de los metales se modifica durante el proceso de compostaje, de esa forma varía la disponibilidad del metal. No se puede negar que los efectos positivos al usar el compost compensan favorablemente los efectos negativos en el suelo, pero es necesario más investigaciones al respecto, ya que el reciclaje de la materia orgánica en la obtención del compost para usarlo en la agricultura actualmente tiene mayor

auge y representa un mercado en la producción del compost por ser una fuente potencial barata de materia orgánica y fertilizante.

Para realizar de manera correcta en compostaje debe conocerse y respetarse sus fundamentos, aunque es un proceso sencillo, debe cumplirse con las exigencias como el control de varios factores, según las condiciones específicas de cada instalación (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, 2013, p. 89).

1.3.6 Residuos sólidos

Como menciona CONAM (2006, p. 11) “Son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente”.

Según el OEFA (2014), Los residuos sólidos se refieren a los materiales desechados, que no poseen valor económico para las personas y se les conoce como “basura” (p.8).

Los residuos sólidos se generan de las actividades humanas, que sus generadores lo desechan por considerarlos inútiles; pero puede ser útiles para otras personas. Los residuos se generan en los diferentes lugares como mercados, comercios, fábricas, vías públicas, restaurantes, hospitales y otras instituciones (CONAM, 2005, p. 7).

1.3.6.1 Residuos Sólidos Municipales

Como refiere el OEFA (2014, p. 10) los residuos municipales por su origen doméstico pueden ser: residuos de alimentos, papel, botellas de plástico, envases de vidrio, latas, entre otros; por su origen comercial pueden ser: papel, cartón, empaques, film; por su origen de limpieza urbana pueden ser: barrido de calles, maleza, y otros; además de residuos generados de actividades que producen materiales similares a los mencionados anteriormente.

Los residuos sólidos municipales son generados de las actividades domésticas, comerciales y de instituciones por ejemplo viviendas, bodegas,

mercados, restaurantes, hoteles, entre otros; de la limpieza de vías públicas, parques y jardines; también los residuos de actividades industriales cuya composición se asemejan a los descritos líneas arriba y que su gestión corresponde a los municipios (CONAM, 2006, p. 11).

1.3.7 *Raphanus sativus*

Raphanus sativus cuyo nombre común es rabanito, rabanete, rabanillo y rábano pertenece a la familia Brassicaceae. El rabanito es una hortaliza que tiene sabor picante, de tamaño y forma variada de sus raíces, siendo algunas especies largas, blancas y grandes; otras son redondas, rojas y pequeñas, se consume cruda preparadas en ensaladas o encurtidos.

1.3.7.1 Descripción botánica

Es una planta de crecimiento anual o bianual. Sus raíces son carnosas, gruesas, redondas o fusiformes, de color blanco o roja, de olor característico y penetrante, de sabor picante según las variedades. Su tallo es muy corto. Sus hojas son radicales pubescentes, ásperas, divididas en lóbulos desiguales, de márgenes dentadas. Sus flores son de color blanco o ligeramente rosadas que están agrupadas en racimos terminales. Sus frutos son de forma vainilla estriada que contiene a las semillas (Fonnegra y Jiménez, 2007, p. 218).

1.3.7.2 Cultivo

Para su cultivo como menciona Cásseres (1980, pp. 272-175) se requiere de una temperatura que se encuentra entre los 15°C y 18°C con mínimas de 4°C y máximas de 21 °C que favorezca el crecimiento, los rabanitos son hortalizas que no necesitan trasplante en ese sentido el lugar en donde se siembren será donde se desarrollarán hasta su cosecha, para el cultivo es necesario a) Preparar el suelo de cultivo que debe ser suelto y arenoso, necesita de mucha humedad para el crecimiento rápido, puede tolerar la acidez del suelo entre 5.5 a 6.8 de pH. b) La siembra se realiza en hoyos de 1 a 1.5 cm de profundidad, los surcos deben mantener una distancia de 15 a 30 centímetros y entre cada planta una distancia entre 5 a 10 cm. c) En cuanto al riego el rabanito es muy exigente en agua más aun cuando se cultivan en zonas bajas y calientes. d) El control de malezas,

plagas y enfermedades se deben realizar dos veces durante su ciclo, las malezas que crecen en el surco se arrancan de forma manual, cuando están en crecimiento conviene revisar a las plantas con frecuencia para detectar la presencia de plagas en las hojas (mosca blanca, pulgones) para ser tratados oportunamente según sea el caso. e) La cosecha se realiza entre las 3 y 6 semanas después de la siembra o cuando sus raíces hayan alcanzado cerca de 3 cm de diámetro (Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia e Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, 1989, pp. 207-209).

1.3.8 Capacidad de asimilación de metales pesados por las plantas

La capacidad de asimilación de nutrientes del suelo por las plantas está determinada por el pH, en suelos alcalinos se puede dar déficit de cobre, hierro, manganeso, zinc, boro y fósforo; mientras que en los suelos con pH ácido los iones hidrógeno compiten con los cationes metálicos por los sitios de intercambio. El aluminio y el manganeso cuando se vuelven muy soluble y tóxico puede reducir la capacidad del vegetal para absorber fósforo, calcio, magnesio y molibdeno. Cuando el pH se encuentra por debajo de 5 el fósforo no está disponible para el vegetal, pero si el boro, cobre o zinc se encuentran presentes en el suelo pueden causar toxicidad a esos pH (Gonzales y chueca, 2010, p. 136).

1.3.9 Contaminación por metales pesados en el ambiente y su repercusión sobre el ser humano

Los contaminantes más importantes de los metales pesados son el cadmio, plomo y el mercurio,

Según Soledad (s.f., p. 24) Algunos elementos pesados se pueden acumular en el organismo a través del tiempo, cuyas concentraciones tóxicas se alcanzan luego de varios años de exposición, un ejemplo es el Cd que se acumula en la parte alta de los riñones y pasado varios años causa enfermedades en el riñón. El plomo, los compuestos orgánicos y el metilmercurio por ejemplo causa de a pocos degeneración cerebral. La exposición constante a los metales como el cromo, selenio, cadmio, níquel y otros pueden afectar al hígado, riñón y piel; también estos elementos pueden causar cáncer. Por otro lado los elementos

pesados también causan serios daños en el embrión en desarrollo y en los bebés recién nacidos, en esta etapa de vida la persona es muy vulnerable ya que en ella se encuentra en formación las estructuras del sistema nervioso originándose una rápida división celular simultánea en todo el cuerpo, debido a que el material genético está desprotegido, entonces al estar expuesto al plomo y al metilmercurio puede causar mal formaciones severas en el desarrollo, tal como la colocación anormal de la estructura cerebral, parálisis cerebral severa, ceguera y dificultad en el habla o nula. Los elementos pesados suelen caracterizarse por sus efectos bioacumulativos y en concentraciones elevadas según las recomendadas originan daños en el sistema central y periférico, sistema renal, sistema hematopoyético y esquelético, del mismo modo causan efectos carcinogénicos; todos estos efectos dependen del grado y tiempo de exposición a los mencionados metales.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿Existe bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017?

1.4.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la relación que existe entre la concentración de plomo (Pb) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado en diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017?
- b) ¿Qué relación existe entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado en diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017?

1.5 Justificación del estudio

La ciudad de Huari cuenta con un botadero controlado de residuos sólidos municipales ubicado en su jurisdicción, el cual diariamente dispone de 7.76

toneladas de residuos sólidos, con una generación per cápita de residuos sólidos municipales de 3.56 kg./hab./día (SIGERSOL, 2015).

A partir de los años 90 se creó el Centro Ecológico de Huanchac perteneciente a la Municipalidad Provincial de Huari, lugar donde se cultivan diversas hortalizas como zanahorias, rabanitos, betarragas, acelgas, espinacas, coles, lechugas, coliflores, entre otros; así como también árboles frutales como paltas, ciruelas, melocotones, manzanas, pastos como la alfalfa y ray-grass, para producir dichos cultivos se utiliza el compost que se obtiene a base de los residuos sólidos municipales, los productos cultivados son vendidos en las ferias dominicales de la ciudad y directamente en el centro ecológico; sin embargo la población de Huari se mantiene en alerta ya que la producción de frutas y pastos para animales posiblemente contengan niveles de sustancias tóxicas que pudieran ocasionar potenciales efectos sobre la salud de la población y los animales al trasladar los metales pesados como el cadmio y plomo hacia las plantas, y estos a través de su consumo afectar la salud de las personas a largo plazo.

Es propósito de esta investigación es determinar la existencia de bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari.

Por otro lado según el Programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal del año 2017, en la Guía para el cumplimiento de la meta 17 se les está encargando a las municipalidades de tipo A elaborar un diagnóstico local para el reaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, en ese sentido una manera de reaprovechar y el que es viable económicamente es el compostaje del cual se obtiene compost, que si bien muchos lo catalogan como un producto inocuo para los cultivos y el medio ambiente, necesita que se realicen más investigaciones en cuanto al contenido de metales pesados que influye en la calidad del producto.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

H₁: El plomo (Pb) y cadmio (Cd) son bioacumulados en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.

H₀: El plomo (Pb) y cadmio (Cd) no son bioacumulados en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.

1.6.2 Hipótesis específicos

a) H₁: Existe relación entre la concentración de plomo (Pb) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

H₀: No existe relación entre la concentración de plomo (Pb) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

b) H₁: Existe relación entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

c) H₀: No existe relación entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Determinar la bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.

1.7.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la relación que existe entre la concentración de plomo (Pb) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado en diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.
- b) Determinar la relación que existe entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado en diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

II. MÉTODO

El presente trabajo se realiza mediante el enfoque cuantitativo, este enfoque se fundamenta en la recolección de datos para luego probar la hipótesis, a través de datos numéricos y el análisis estadístico, para determinar patrones de comportamiento y demostrar teorías (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.4).

El alcance del estudio es correlacional como refiere Hernández *et al* (2010, p. 81) los estudios correlacionales tienen como propósito saber la relación o grado de asociación que hay entre dos o más variables en un contexto en particular.

2.1 Diseño de investigación

El diseño de investigación ha sido pre-experimental ya que se ha realizado un mínimo control de las variables, se le asigna un diseño solo posprueba con dos grupos no equivalentes que está formado por un grupo en el que se aplica el tratamiento experimental "X" y al otro no se aplica ya que es el control o testigo, a continuación se presenta un esquema en donde:

R: Aleatorización "azar"

O: Observación, medida y registrada en la preprueba o en la posprueba.

X: Tratamiento

Grupo	Asignación	Preprueba	Tratamiento	Posprueba
A	no R		X	O
B	no R		-	O

El trabajo en campo consistió en tomar muestras de pilas de compost y muestra de suelo previo al trabajo en sí, se realizaron análisis en ambos para determinar las concentraciones de plomo y cadmio, con esto obtener mayor confiabilidad, luego se cultivó *Raphanus sativus* usando el compost en diferentes proporciones, es decir se aplicó 4 tratamientos T1 (100%), T2 (75%), T3 (50%), T4 (25%) con sus respectivas repeticiones y T5 (Testigo) al que no se aplicó tratamiento, al finalizar el desarrollo de la planta se muestreo y fue analizado en un laboratorio para medir las concentraciones de plomo y cadmio.

2.2 Variables, operacionalización

2.2.1 Variables

2.2.1.1 Variable 1

Compost producido a base de residuos sólidos municipales.

2.2.1.2 Variable 2

Bioacumulación del plomo y cadmio en *Raphanus sativus*.

2.2.2 Operacionalización de variables

A continuación en la Tabla 3 se detalla la operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variable 1

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	REFERENCIA
Compost producido a base de residuos sólidos municipales (Variable 1)	Compost: es un abono orgánico, este se obtiene como un producto de la técnica del compostaje, está formado por materia orgánica y es un producto beneficioso para el cultivo de plantas (INTI, s.f., p. 3)	El compost será medido mediante la concentración de plomo y cadmio.	Concentración de Pb en Compost	Pb mg/Kg Ms	Razón	45 mg/kg MS (Según RD 865/2010)
			Concentración de Cd en Compost	Cd mg/Kg MS	Razón	0,7 mg/Kg MS (Según RD 865/2010)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Operacionalización de variable 2

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	REFERENCIA
Bioacumulación de plomo y cadmio en <i>Raphanus sativus</i> (Variable 2)	<p>Bioacumulación: Los metales se bioacumulan en diferentes concentraciones según cada especie vegetal y según las características y concentraciones presentes en el suelo (Hoyos y Guerrero, 2014, p. 72).</p> <p>Plomo: se calcula que mas de 90% de plomo en la atmósfera es de origen antropogénico, el plomo no cumple ningún papel en el metabolismo normal de los organismos vivos, por tanto éstos se ven afectados al entrar en contacto con el metal ya que es capaz de unirse a la materia orgánica (Castillo <i>et al</i>, 2005, p. 226).</p> <p>Cadmio: es un elemento considerado no esencial para los organismos vivos y suelen ser tóxicos. Se puede encontrar en los alimentos, agua, suelo o aire en niveles relativamente bajos (Vasquez, p.6).</p> <p>R. sativus: pertenece ala familia de las Crucíferas, la parte que se consume de esta hortaliza es la raíz egrosada y succulena, de color rojo, rosado, es de sabor picante, textura firme y crujiente (Casseres, 1980, p.272)</p>	la bioacumulación en el <i>Raphanus sativus</i> será medido mediante la concentración de plomo, cadmio y el cultivo.	Concentración de Pb en <i>Raphanus sativus</i>	Pb mg/Kg	Razón	0,30 mg/Kg (según UE)
			Concentración de Cd en <i>Raphanus sativus</i>	Cd mg/Kg	Razón	0,10 mg/Kg (según UE)
			Cultivo del <i>Raphanus sativus</i>	Cantidad de sustrato Kg	Razón	9 Kilos
				Horas de luz	Razón	10 horas
				Frecuencia de riego	Razón	Interdiario
				Tiempo de desarrollo de la planta	Razón	42 días

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población estuvo comprendido en el caso del compost producido a base de residuos sólidos municipales fueron 34 pilas elaborados en el Centro Ecológico de Huanchac y en el caso del testigo (suelo) la población fue un área de terreno de cultivo de 180 m².

En el caso del vegetal fueron todas las plantas de *Raphanus sativus* cultivadas en maceteros aplicando tratamientos (T1, T2, T3, T4) con sus respectivas repeticiones y T5 (testigo) resultando en total 9 unidades experimentales.

2.3.2 Muestra

En el caso de la muestra de compost el muestreo se realizó según los criterios del investigador ya que la mayoría de pilas se encontraban en proceso de maduración, muestreando solo 4 pilas maduras de la cual se formó una muestra compuesta de 1 Kg. En este caso la muestra fue no probabilística como mencionan Hernández, Fernández *et al* (2010, p. 176) la elección de la muestra no depende del uso fórmulas de probabilidad, sino está ligado a la toma de decisiones del investigador, en tal sentido la muestra elegida cumple con otros criterios de investigación.

En el caso de la muestra testigo solo fue suelo, para ello se realizó la toma de muestra mediante un patrón de muestreo en rejillas regulares (según la Guía para muestreo de suelos del MINAM) obteniendo 16 submuestras, de las cuales se formó una muestra compuesta de 1 Kg.

En el caso de la muestra de *Raphanus sativus* fueron todas las plantas de cada uno de los maceteros, en los que se aplicaron 4 tratamientos con dos repeticiones cada uno, más un testigo, teniendo un total de 9 unidades experimentales.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Las técnicas usadas en el desarrollo de la investigación fueron:

La observación directa: es aquella en donde la información es captada en forma sistemática y controlada en donde el investigador fija su atención hacia ciertos aspectos de un acontecimiento y registra datos importantes para el tema de estudio, la observación también es estructurada ya que el investigador percibe, ordena y documenta la información (Heinemann, 2003, p. 135), en tal sentido la técnica de observación directa se ha llevado a cabo en todas las etapas de la presente investigación.

Fichas de recolección de datos: para la obtención de los datos se ha usado los registros de campo de muestreo de suelo y registro de campo de muestreo del vegetal (ver anexo 5 y 6).

Revisión bibliográfica: la búsqueda de toda la información para el desarrollo de la presente investigación tiene su fundamento en fuentes fidedignas como libros, tesis, revistas y libros electrónicos, entre otros.

Manual de toma de muestra: las muestras fueron tomadas de acuerdo la Guía para Muestreo de Suelos D.S N° 002-2013 MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Suelo y el PRO - SIAG - 07: Toma y envío de muestras de alimentos agropecuarios primarios y piensos, Rev. 01 SENASA

Programa estadístico SPSS: por su sigla en inglés SPSS Paquete estadístico para las ciencias sociales. Para el análisis estadístico de las variables en estudio, así como la prueba de hipótesis se ha usado el Programa SPSS 22.

Microsoft excel: se utilizó para los cálculos matemáticos de los resultados y para presentar tablas de resultados generales.

2.4.1 Determinar la concentración de plomo y cadmio presente en el compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash

2.4.1.1 Localización del estudio

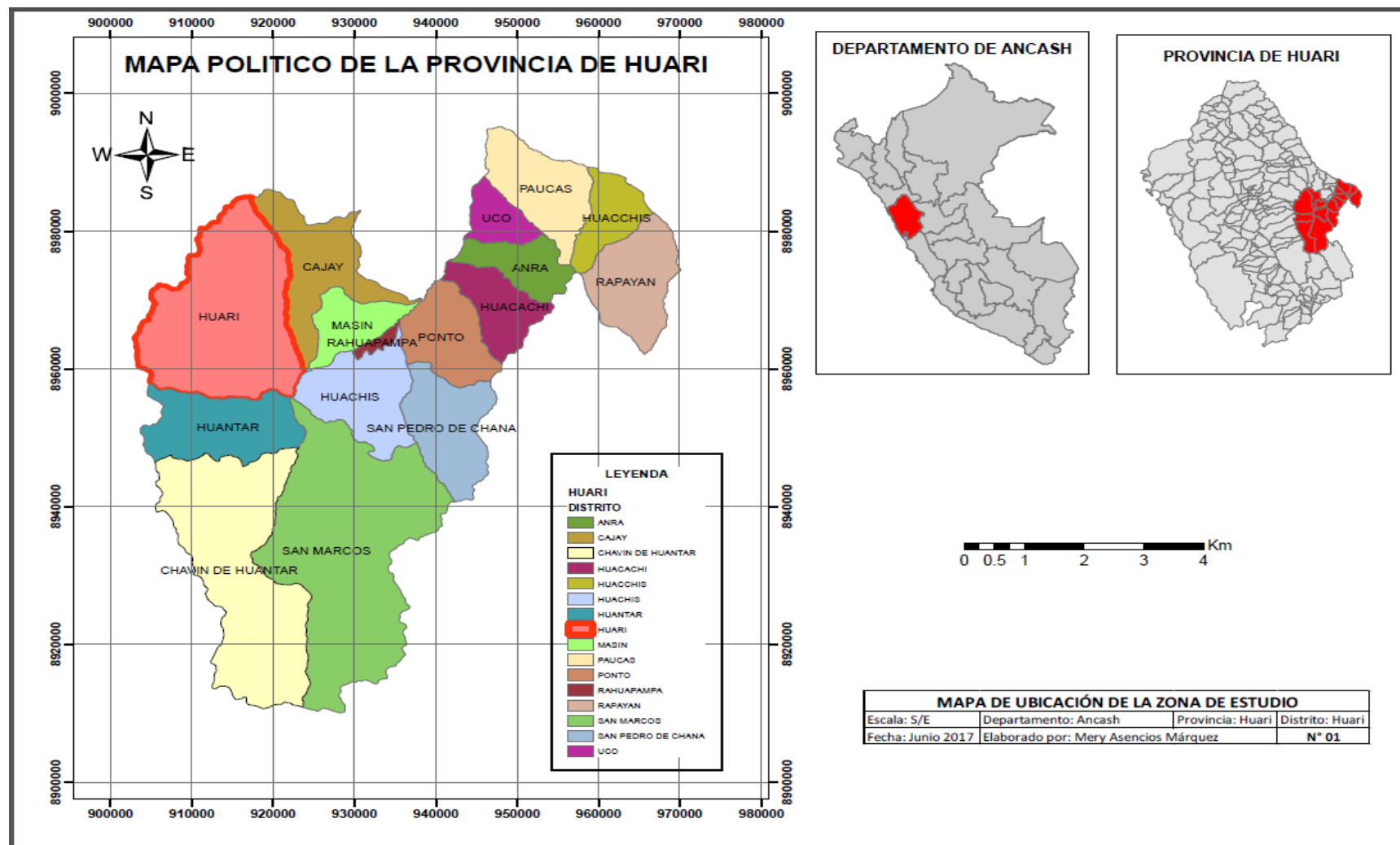
El estudio se desarrolló en el distrito de Huari, provincia de Huari, departamento de Ancash que geográficamente se encuentra a 3149 m.s.n.m entre las coordenadas UTM 8965884m N y 261460m E.

El distrito de Huari ocupa un área de 398,91 km² (MPH, 2016) y su población según el censo de INEI 2007 era de 9 738 habitantes. La actividad principal del distrito es la agricultura, se cultiva papa, trigo, maíz y frutales como chirimoya, manzana, melocotón.

La zona de estudio pertenece a la Ecorregión Serranía Esteparia (1 000 a 3 800 m.s.n.m.), su clima es templado, presentando temperatura mínima de 4 °C, temperatura Máxima de 23 °C y temperatura promedio anual de 15 °C (SENAMHI, 2016). Presenta una precipitación promedio anual de 840.60 mm, los vientos predominantes van del norte al este y durante los meses de abril a julio se presenta vientos que van del sur al oeste (MPH, 2016, p.9).

A continuación se presenta el mapa de ubicación de la zona de estudio

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

2.4.1.2 Fase de campo

Materiales y/o instrumentos

Los materiales y/o instrumentos que se utilizaron fueron: pico de acero inoxidable, lampa con revestimiento de teflón, tamiz de 10 X 10 mm de acero inoxidable, balde de plástico de 10L, cucharón de plástico, guantes, bolsas ziploc de 1 kilo de capacidad, agua destilada, papel toalla, marcadores, etiquetas, libreta de notas, cámara fotográfica, balanza digital.

Toma de muestras de compost

Las muestras fueron tomadas de 4 pilas maduras de compost producidos a base de residuos sólidos municipales en un 100%, con un tiempo de maduración de cada pila entre 8 a 10 meses y un tamaño aproximado de 2.50 m de largo por 1.50 m de alto (ver Fotografía 1) elaboradas en el Centro Ecológico de Huanchac del distrito de Huari, posterior al cribado de las pilas del compost (Fotografía 2 y 3) se hizo la partición de muestra hasta obtener 1 kilogramo de cada pila (MINAM, 2014, p. 16) y luego estas submuestras se combinaron para formar una muestra compuesta de 1 Kg.

Para la muestra testigo (Fotografía 4, 5 y 6) se tomó una muestra compuesta de 1 kilogramo de suelo de un área de terreno de 180 m² y utilizando un patrón de muestreo con distribución uniforme de rejillas regulares se trazó líneas paralelas y perpendiculares equidistantes resultando 25 celdas, se tomó las submuestras de cada intersección obteniendo un total de 16 submuestras de aproximadamente 500 g cada una, formando de ellas una muestra compuesta de 1 Kg (MINAM, 2014, p. 32).

Finalmente las muestras fueron colocadas en bolsas ziploc de capacidad de 1 kg, se rotularon cada una de ellas, se conservaron entre 2°C – 8°C y fueron transportados al laboratorio de análisis de suelo, agua y fertilizantes de la UNALM para su correspondiente análisis.



Fotografía 1. Pilas de compost elaborado con RR.SS municipales en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.



Fotografía 2. Cribado del compost en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.



Fotografía 3. Toma de muestra de compost en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.



Fotografía 4. Toma de muestra de suelo en Huari, Ancash.



Fotografía 5. Realizando el cuarteo de la muestra de suelo en Huari, Ancash.



Fotografía 6. Colocando la muestra de suelo en la bolsa ziploc en Huari, Ancash.

2.4.1.3 Fase de laboratorio

Las muestras fueron transportadas hacia el laboratorio de análisis de suelos, agua y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina para su correspondiente análisis.

El análisis de laboratorio realizado fue la espectrometría de absorción atómica con llama utilizando el equipo Perkin Elmer que se fundamenta en la propiedad que poseen los átomos de absorber la radiación electromagnética a una determinada longitud de onda. Cuando la radiación electromagnética incide sobre un átomo en estado fundamental, esta puede ser absorbida y un electrón externo puede ser removido a una configuración denominada como estado excitado, ya que dicho estado no es estable, el átomo regresa de inmediato al estado fundamental emitiendo una energía. Para realizar un análisis de espectrometría de absorción atómica, se necesita atomizar la materia, esto se entiende como transformar las moléculas de la muestra analizada en partículas gaseosas. Para obtener esto la muestra se calienta a temperaturas muy elevadas que proporcionan, mucha energía para disociar los enlaces químicos y liberar los átomos metálicos que absorben luz de una longitud de onda. La cantidad de radiación absorbida será proporcional al número de átomos del elemento presente en el camino óptico, utilizándose con la finalidad de los análisis cuantitativos (Gallego, Garcinuño y Morcillo, 2013).

2.4.2 Determinar la concentración de plomo y cadmio presente en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash

Para determinar la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) que se encuentran presentes en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales y según el PRO - SIAG - 07: Toma y envío de muestras de alimentos agropecuarios primarios y piensos, Rev. 01 SENASA, se recolectaron muestras de cada uno de los maceteros en los que se aplicaron tratamientos T1, T2, T3, T4 con sus respectivas repeticiones y T5 (Testigo) que luego fueron transportados al laboratorio de análisis de suelo, agua y fertilizantes de la UNALM.

2.4.2.1 Localización del estudio

El estudio fue realizado en la ciudad de Huari, provincia de Huari del departamento de Ancash (Ver Figura 1).

2.4.2.2 Fase de campo

Materiales y/o instrumentos

Los materiales y/o instrumentos usados fueron: maceteros rectangulares de plástico de 26.7 cm X 37.4 cm X 13.8 cm, Lampa con revestimiento de teflón, semillas de *R. sativus*, guantes, libreta de notas, marcadores, etiquetas, bolsas de papel, caja para transportar las muestras (cooler o caja de Tecknoport), geles refrigerantes, cámara fotográfica, balanza.

Cultivo de *Raphanus sativus*

El cultivo de *Raphanus sativus* se realizó aplicando cuatro tratamientos con sus respectivas repeticiones, más un testigo, para ello se usaron maceteros rectangulares de plástico de 26.7 cm X 37.4 cm X 13.8 cm en los cuales se mezclaron compost más suelo de la siguiente manera:

T1: 100% de compost (9 kilos)

T2: 75% de compost (6.750 kilos) más 25% de suelo (2.250 kilos)

T3: 50% de compost (4.500 kilos) más 50% de suelo (4.500 kilos)

T4: 25% de compost (2.250 kilos) más 25% de suelo (6.750 kilos)

T5 (testigo): 100% de suelo (9 kilos)

Una vez preparado el sustrato se sembraron semillas certificadas de *Raphanus sativus* las que fueron adquiridas de la casa comercial Alabama S.A. Se sembraron 35 semillas por macetero a una profundidad de 0.5 cm, y luego se regaron con agua potable reposada todos los maceteros. Cabe mencionar que todos los maceteros fueron colocados en un espacio acondicionado para que tuvieran los rayos del sol durante todo el día y fueron regados una sola vez al día de forma interdiario (Fotografía 7 y 8).



Fotografía 7. Siembra de *R. sativus* en maceteros en Huari, Ancash.



Fotografía 8. Crecimiento del *R. sativus* en maceteros, Huari, Ancash.

Toma de muestra de *Raphanus sativus*

De acuerdo al procedimiento PRO - SIAG - 07: Toma y envío de muestras de alimentos agropecuarios primarios y piensos, Rev. 01 del SENASA, se

tomaron muestras de cada uno de los maceteros en los que se aplicaron los tratamientos. Después de 42 días de desarrollo de las plantas, estas fueron recolectadas, es decir se tomaron las muestras, se lavaron y se secaron con papel absorbente, se dispuso en bolsas de papel, se rotularon (Fotografía 9) y luego fueron transportados al laboratorio de suelos, agua y fertilizantes de la UNALM para su respectivo análisis.



Fotografía 9. Realizando muestreo de *R. sativus* en Huari, Ancash.

2.4.2.3 Fase de laboratorio

Las muestras fueron analizadas mediante el método de Espectrometría de Absorción Atómica con llama utilizando el equipo Perkin Elmer, por ser el método más utilizado para determinar las concentraciones de metales pesados como el plomo y cadmio en el laboratorio de análisis de suelos, agua y fertilizantes de la UNALM.

2.4.3 validez del instrumento

Para dar validez al instrumento de recolección de datos, éste fue sometido a juicio de expertos los cuales a través de sus observaciones aportaron para la mejora del contenido (ver anexo 2, 3 y 4). A continuación se menciona a los expertos que participaron en la validación:

Experto 1

Nombre y apellido: Ing. Elmer Benites Alfaro

Grado académico: Ingeniero químico

CIP: 71998

Experto 2

Nombre y apellido: Ing. Ruben Munive Cerrón

Grado académico: Ingeniero agrónomo

CIP: 38103

Experto 3

Nombre y apellido: Ing. Cinthya Farje Jurado

Grado académico: Ingeniera química

CIP: 143463

2.4.4 Confiabilidad

La confiabilidad en el desarrollo de la investigación se ha determinado por el procedimiento detallado desde la toma de muestras, realización del cultivo y finalmente los análisis de laboratorio llevados a cabo en UNALM.

2.5 Métodos de análisis de datos

Prueba de normalidad: La prueba de normalidad es un modelo de probabilidad conocida como distribución normal y como en todo modelo se da por una distribución teórica que en la realidad es difícil que se presente tal cual es, pero si se puede aproximar a ella (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 308). La prueba de normalidad determina si los resultados tienen una distribución normal o

distribución no normal, si se da una distribución normal de los resultados se sigue los análisis paramétricos, caso contrario se sigue los análisis no paramétricos.

Para realizar la estadística inferencial se debe cumplir con lo siguiente: que los resultados tengan distribución normal, que la escala de medición de las variables sean de razón, que tengan una varianza homogénea con todo ello se determina los análisis paramétricos (Hernández, *et al*, 2010, p. 311).

Prueba de Shapiro Wilk: para determinar si los resultados de la presente investigación siguen una distribución normal se efectuó la prueba de Shapiro Wilk que se aplica para las muestra pequeñas < a 30 individuos.

Prueba de correlación de Pearson: es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables en una escala de medición por intervalo o de razón Fernandez et al (2010, pp. 312 – 314). Esta prueba en sí no determina la causalidad (causa – efecto) entre las variables, sino ayuda a determinar la relacion entre las variables o el grado de asociacion que existe entre ellas. A continuación se presenta los siguientes criterios :

–1.00 = correlación negativa perfecta. (“A mayor X, menor Y ”, de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante.) Esto también se aplica “a menor X, mayor Y ”.

–0.90 = Correlación negativa muy fuerte.

–0.75 = Correlación negativa considerable.

–0.50 = Correlación negativa media.

–0.25 = Correlación negativa débil.

–0.10 = Correlación negativa muy débil.

0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.

+0.10 = Correlación positiva muy débil.

+0.25 = Correlación positiva débil.

+0.50 = Correlación positiva media.

+0.75 = Correlación positiva considerable.

+0.90 = Correlación positiva muy fuerte.

+1.00 = Correlación positiva perfecta. (“A mayor X, mayor Y ” o “a menor X, menor Y ”, de manera proporcional. Cada vez que X aumenta, Y aumenta siempre una cantidad constante.)

Prueba de T student para muestras relacionadas: es una prueba estadística para determinar en dos grupos si existe diferencia de manera significativa con respecto a sus medias en una variable Fernández et al (2010, p. 319).

2.6 Aspectos éticos

La presente investigación se sustenta en el trabajo de campo, la obtención de resultados mediante los análisis de laboratorio y el análisis estadístico de los mismos de forma veraz y auténtica en todo su contenido.

III. RESULTADOS

3.1 Resultados generales

A continuacion se presentan los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio en muestra de suelo, compost y *R. sativus* realizados en la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Tabla 5. Concentraciones de Plomo y Cadmio en suelo y compost

METAL PESADO	SUELO (mg/Kg) MS	COMPOST (mg/Kg) MS
Plomo	26.63	35.34
Cadmio	0.55	1.38

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se muestra las concentraciones de plomo en suelo que fue 26.63 mg/Kg y cadmio en suelo que fue 0.55 mg/Kg; las concentraciones de plomo en compost que fue 35.34 mg/Kg y cadmio en compost que fue 1.38 mg/Kg.

Tabla 6. Tratamientos, proporciones y concentraciones de plomo y cadmio en el sustrato

PROPORCION DE SUSTRATO EN MACETA							
N°	Sustrato	%	Cantidad en Kg	Metal pesado	mg/Kg MS	Pb total en compost mg/Kg MS	Cd total en compost mg/Kg MS
TRATAMIENTO 1	SUELO	0	0	-	0	318.06	12.42
	COMPOST	100	9	Pb	318.06		
TRATAMIENTO 2	SUELO	25	2.25	Cd	12.42	298.46	10.55
				Pb	59.9175		
	COMPOST	75	6.75	Cd	1.2375		
				Pb	238.545		
TRATAMIENTO 3	SUELO	50	4.5	Cd	9.315	278.87	8.69
				Pb	119.835		
	COMPOST	50	4.5	Cd	2.475		
				Pb	159.03		
TRATAMIENTO 4	SUELO	75	6.75	Cd	6.21	259.27	6.82
				Pb	179.7525		
	COMPOST	25	2.25	Cd	3.7125		
				Pb	79.515		
TRATAMIENTO 5 (TESTIGO)	SUELO	100	9	Cd	3.105	239.67	4.95
				Pb	239.67		
	COMPOST	0	0	-	0		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se muestran lo siguiente:

- Para el Tratamiento 1 el compost usado al 100% (9 kilos), la concentración de plomo fue 318.06 mg/Kg y la concentración de cadmio fue 12.42 mg/Kg.
- Para el Tratamiento 2 el compost usado al 75% (6.750 kilos) más suelo al 25% (2.250 kilos) la concentración de plomo fue 298.46 mg/Kg y la concentración de cadmio fue 10.55 mg/Kg.
- Para el Tratamiento 3 el compost usado al 50% (4.500 kilos) más suelo al 50% (4.500 kilos) la concentración de plomo fue 278.87 mg/Kg y la concentración de cadmio fue 8.69 mg/Kg.
- Para el Tratamiento 4 el compost usado al 25% (2.250 kilos) más suelo al 75% (6.750 kilos) la concentración de plomo fue 259.27 mg/Kg y la concentración de cadmio fue 6.82 mg/Kg.
- Para el Tratamiento 5 (testigo) no se usó compost, solo suelo al 100% (9 kilos) la concentración de plomo fue 239.67 mg/Kg y la concentración de cadmio fue 4.95 mg/Kg.

Tabla 7. Concentraciones de Plomo y Cadmio en *R. sativus*

CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO FOLIAR						
N	Pb	Cd	Pb-R	Cd-R	PROMEDIO	
	mg/Kg MS	mg/Kg MS	mg/Kg MS	mg/Kg MS	Pb mg/Kg MS	Cd mg/Kg MS
TRATAMIENTO 1	3.10	0.70	2.60	0.80	2.85	0.75
TRATAMIENTO 2	4.40	1.20	3.60	1.00	4.00	1.10
TRATAMIENTO 3	5.10	0.90	5.20	1.30	5.15	1.10
TRATAMIENTO 4	4.60	0.80	5.10	1.00	4.85	0.90
TRATAMIENTO 5 (TESTIGO)	N.D	0.04	0	0	N.D	0.02

N.D: No detectado

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se muestra las concentraciones de plomo en *Raphanus sativus* los cuales fueron:

- En el Tratamiento 1 fue 3.10 mg/Kg, en la repetición fue 2.60 y en promedio fue 2.85 mg/Kg.
- En el Tratamiento 2 fue 4.40 mg/Kg, en la repetición fue 3.60 mg/Kg y en promedio fue 4.00 mg/Kg.
- En el Tratamiento 3 fue 5.10 mg/Kg, en la repetición fue 5.20 mg/Kg y en promedio fue 5.15 mg/Kg.
- En el Tratamiento 4 fue 4.60 mg/Kg, en la repetición fue 5.10 mg/Kg y en promedio fue 4.85 mg/Kg.

- En el Tratamiento 5 (testigo) la concentración de plomo no se detectó.

Las concentraciones de cadmio en el *Raphanus sativus* fueron:

- En el Tratamiento 1 fue 0.70 mg/Kg, en la repetición fue 0.80 y en promedio fue 0.75 mg/Kg.
- En el Tratamiento 2 fue 1.20 mg/Kg, en la repetición fue 1.00 mg/Kg y en promedio fue 1.10 mg/Kg.
- En el Tratamiento 3 fue 0.90 mg/Kg, en la repetición fue 1.30 mg/Kg y en promedio fue 1.10 mg/Kg.
- En el Tratamiento 4 fue 0.80 mg/Kg, en la repetición fue 1.00 mg/Kg y en promedio fue 0.90 mg/Kg.
- En el Tratamiento 5 (testigo) fue 0.04 mg/Kg y en promedio fue 0.02 mg/Kg.

Tabla 8. Concentración de Plomo y Cadmio en compost después del cultivo

CONCENTRACION DE PLOMO Y CADMIO EN COMPOST DESPUES DEL CULTIVO		
N°	Pb	Cd
	mg/Kg MS	mg/Kg MS
Tratamiento 1	315.21	11.67
Tratamiento 2	294.46	9.45
Tratamiento 3	273.72	7.59
Tratamiento 4	254.42	5.92
Tratamiento 5	239.67	4.93

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se muestra las concentraciones de plomo y cadmio en el compost después de haber realizado el cultivo, que a continuación se detalla:

- En el Tratamiento 1, el plomo fue 315.21 mg/Kg y el cadmio fue 11.67 mg/Kg.
- En el Tratamiento 2, el plomo fue 294.46 mg/Kg y el cadmio fue 9.45 mg/Kg.
- En el Tratamiento 3, el plomo fue 273.72 mg/Kg y el cadmio fue 7.59 mg/Kg.
- En el Tratamiento 4, el plomo fue 254.42 mg/Kg y el cadmio fue 5.92 mg/Kg.
- En el Tratamiento 5 (testigo), el plomo fue 239.67 mg/Kg y el cadmio fue 4.93 mg/Kg.

3.2 Prueba de Normalidad

Para realizar la prueba de normalidad, se establece un α del 5% , en ese sentido el criterio para determinar normalidad es:

P-valor es igual o mayor que 0.05 aceptar H_0 = Los datos provienen de una distribución normal

P-valor es menor que 0.05 aceptar H_1 = Los datos No proviene de una distribución normal

Tabla 9. Prueba de Normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de plomo en R. sativus	,272	5	,200 [*]	,888	5	,347
Concentración de plomo en R. sativus (Repeticiones)	,200	5	,200 [*]	,900	5	,407
Concentración de plomo en sustrato	,136	5	,200 [*]	,987	5	,967
Concentración de cadmio en R. sativus	,274	5	,200 [*]	,917	5	,513
Concentración de cadmio en R. sativus (Repeticiones)	,284	5	,200 [*]	,860	5	,228
Concentración de cadmio en sustrato	,136	5	,200 [*]	,987	5	,968

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 9 se presenta la Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, se observa que el Sig. Es mayor que 0.05, por lo tanto los datos de la concentración de plomo y cadmio en el *Raphanus sativus* con sus respectivas repeticiones y las concentraciones de plomo y cadmio en el compost provienen de una distribución normal.

3.3 Análisis ligados a la hipótesis

Hipótesis general

H₁: El plomo (Pb) y cadmio (Cd) son bioacumulados en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.

H₀: El plomo (Pb) y cadmio (Cd) no son bioacumulados en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.

Tabla 10. Diferencia de medias de la concentración de plomo y cadmio antes y después del tratamiento

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Concentración de plomo en compost	278,8660	5	30,98558	13,85717
	Concentración de plomo en compost después del tratamiento	275,4960	5	30,28073	13,54195
Par 2	Concentración de cadmio en compost	8,6860	5	2,95199	1,32017
	Concentración de cadmio en compost después del tratamiento	7,9120	5	2,71349	1,21351

En la Tabla 10 se observa que las medias de las concentraciones de plomo en el compost antes y después del tratamiento bajó de 278.8660 a 275.4960 y las medias de las concentraciones de cadmio en el compost antes y después del tratamiento bajó de 8.6860 a 7.9120.

Tabla 11. Prueba T student para muestras relacionadas – Hipótesis general

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Concentración de plomo en compost - Concentración de plomo en compost después del tratamiento	3,37000	2,08465	,93228	,78157	5,95843	3,615	4	,022
Par 2	Concentración de cadmio en compost - Concentración de cadmio en compost después del tratamiento	,77400	,44652	,19969	,21957	1,32843	3,876	4	,018

Criterio para decidir:

Si P-valor es menor o igual que 0.05 se rechaza H_0

Si P-valor es mayor que 0.05 no se rechaza H_0

En la Tabla 11 el Sig. Es menor que 0.05, por lo tanto se rechaza la H_0 , concluyendo así que el plomo (Pb) y cadmio (Cd) son bioacumulados en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.

Hipótesis específico 1

- a) H_1 : Existe relación entre la concentración de plomo (Pb) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

H_0 : No existe relación entre la concentración de plomo (Pb) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

Tabla 12. Prueba de Correlación de Pearson – Hipótesis específico 1

Correlaciones		Concentración promedio de plomo en <i>R. sativus</i>	Concentración de plomo en compost
Concentración promedio de plomo en <i>R. sativus</i>	Correlación de Pearson	1	,368
	Sig. (bilateral)		,542
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	17,383	95,059
	Covarianza	4,346	23,765
	N	5	5
Concentración de plomo en compost	Correlación de Pearson	,368	1
	Sig. (bilateral)	,542	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	95,059	3840,424
	Covarianza	23,765	960,106
	N	5	5

En la Tabla12 el Sig. Es mayor que 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, concluyendo que no existe relación entre la concentración de plomo (Pb) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017, encontrando una correlación positiva media.

Hipótesis específico 2

b) H_1 : Existe relación entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

H_0 : No existe relación entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.

Tabla 13. Prueba de Correlación de Pearson - Hipótesis específico 2

Correlaciones		Concentración promedio de cadmio en <i>R. sativus</i>	Concentración de cadmio en compost
Concentración promedio de cadmio en <i>R. sativus</i>	Correlación de Pearson	1	,588
	Sig. (bilateral)		,297
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,798	3,101
	Covarianza	,199	,775
	N	5	5
Concentración de cadmio en compost	Correlación de Pearson	,588	1
	Sig. (bilateral)	,297	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	3,101	34,857
	Covarianza	,775	8,714
	N	5	5

En la Tabla13 el Sig. Es mayor que 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, concluyendo que no existe relación entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el *Raphanus sativus* y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017, encontrando una correlación positiva media.

IV. DISCUSIÓN

A partir de los resultados de la investigación se encontró que el *Raphanus sativus* bioacumula el plomo en concentraciones de: en el Tratamiento 1 se obtuvo 2.85 mg/Kg, en el Tratamiento 2 se obtuvo 4.00 mg/Kg, en el Tratamiento 3 se obtuvo 5.15 mg/Kg, en el Tratamiento 4 se obtuvo 4.85 mg/Kg, en el Tratamiento 5 (testigo) no se detectó y también bioacumula el cadmio en concentraciones de: en el Tratamiento 1 se obtuvo 0.75 mg/Kg, en el Tratamiento 2 se obtuvo 1.10 mg/Kg, en el Tratamiento 3 se obtuvo 1.10 mg/Kg, en el Tratamiento 4 se obtuvo 0.90 mg/Kg y en el Tratamiento 5 (testigo) se obtuvo 0.02 mg/Kg estos resultados son corroborados con Hoyos y Guerrero (2014) y Rodríguez *et al.* (2012) quienes determinaron que las hojas y tallos de *Brassicaceae oleracea subsp. capitata (L.) Metzg* acumula concentraciones de 127.75 mg/Kg peso seco de plomo y 180 mg/Kg peso seco de cadmio; asimismo las raíces de *Raphanus sativus L.* acumulan concentración de plomo 112 mg/Kg peso seco y cadmio 125.5 mg/Kg peso. También señalan que el compost producido a base de los residuos sólidos domésticos recolectados sin previa clasificación presentan concentraciones de Cd y Pb que superan los LMP y no deben usarse para la producción de alimentos ya que se traslocan en los órganos comestibles de las hortalizas en cantidades que causan daños a la salud de la población. Ello es acorde con lo que en este estudio se ha determinado.

Los resultados obtenidos de plomo presente en el *Raphanus sativus* fue en el Tratamiento 1 de 2.85 mg/Kg, Tratamiento 2 de 4.00 mg/Kg, Tratamiento 3 de 5.15 mg/Kg, Tratamiento 4 de 4.85 mg/Kg y Tratamiento 5 (testigo) no se detectó; los resultados superaron los niveles máximos de concentración establecidos por la Unión Europea que es de 0.30 mg/kg, mientras que la concentración de plomo presente en el compost fue 35.34 mg/kg MS encontrándose por debajo de los niveles de concentración máxima establecido por la norma española R.D 865/2010 de 45 mg/Kg MS de plomo; estos resultados difieren con lo que menciona Puerta (2012) en el que señala que sus resultados al ser comparado con la normativa colombiana si garantiza la aplicación del producto como abono y acondicionador de suelos.

Finalmente las concentraciones de cadmio presente en el *Raphanus sativus* fueron en el Tratamiento 1 de 0.75 mg/Kg, Tratamiento 2 de 1.10 mg/Kg, Tratamiento 3 de 1.10 mg/Kg, Tratamiento 4 de 0.90 mg/Kg y T5 (testigo) de 0.02 mg/Kg, los resultados superan los niveles máximos de concentración establecidos por la Unión Europea que es de 0.10 mg/kg, mientras que la concentración de cadmio presente en el compost fue 1.38 mg/kg MS que se encuentra superando el nivel de concentración máxima establecido por la norma española R.D 865/2010 de 0.7 mg/Kg MS de cadmio; esto se relaciona con lo que señala Dalzell (1991) que los residuos sólidos urbanos que son utilizados para la elaboración de compost pueden contener niveles significativos de elementos pesados como el cadmio y pueden estar presentes en concentraciones mínimas que no causen efectos negativos sobre el crecimiento de la planta. Pero surge un problema los metales pesados pueden acumularse en los vegetales y dar concentraciones que perjudiquen la salud de las personas y los animales que se alimentan de los cultivos.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que:

El *Raphanus sativus* ha bioacumulado plomo en las siguientes concentraciones en el Tratamiento 1 usando compost en proporción de 100% = 2.85 mg/Kg, en el Tratamiento 2 usando compost en 75% = 4.00 mg/Kg, en el Tratamiento 3 usando compost en 50% = 5.15 mg/Kg, en el Tratamiento 4 usando compost en 25% = 4.85 mg/Kg, en el Tratamiento 5 (testigo) sin usar compost, solo 100% suelo = No se detectó; del mismo modo se obtuvo que el cadmio en concentraciones en el Tratamiento 1 usando compost en proporción de 100% = 0.75 mg/Kg, en el Tratamiento 2 usando compost en 75% = 1.10 mg/Kg, en el Tratamiento 3 usando compost en 50% = 1.10 mg/Kg), en el Tratamiento 4 usando compost en 25% = 0.90 mg/Kg, y en el Tratamiento 5 (testigo) sin usar compost, solo 100% suelo = 0.02 mg/Kg.

Las concentraciones de plomo presente en el *Raphanus sativus* superan los Niveles máximos de concentración establecidos por la UE que es de 0.30 mg/kg, mientras que la concentración de plomo presente en el compost fue de 35.34 mg/kg MS que se encuentra por debajo de los niveles de concentración máxima establecido por la norma española R.D 865/2010 de 45 mg/Kg MS de plomo.

Las concentraciones de cadmio presente en el *Raphanus sativus* superan los Niveles máximos de concentración establecidos por la UE que es de 0.10 mg/kg, mientras que la concentración de cadmio presente en el compost fue 1.38 mg/kg MS que se encuentra superando el nivel de concentración máxima establecido por la norma española R.D 865/2010 de 0.7 mg/Kg MS de cadmio.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las autoridades nacionales para la creación de normativas de calidad de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para productos orgánicos ya sea compost, humus de lombriz u otros productos que son usados como parte de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos, por carecer de existencia en el país.

Mediante la investigación se recomienda a la municipalidad provincial de Huari y al resto de municipalidades que se debe estandarizar los procesos del compostaje, llevando a cabo análisis minuciosos de laboratorio para determinar la calidad del producto compost, así como el uso y las proporciones adecuadas para los cultivos.

Se recomienda a la municipalidad provincial de Huari tomar acciones para la sensibilización a la población sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos, así como la segregación de los residuos sólidos orgánicos.

Se recomienda continuar investigaciones con respecto al tema de bioacumulación en animales menores como cuyes o conejos que se alimentan con pastos cultivados con compost elaborados a base de residuos sólidos municipales, ya que el consumo de la carne de un animal contaminado con metales pesados en un futuro puede causar daños en la salud de las personas.

VIII. REFERENCIAS

- ABANTO, Milagros. Fuentes fosfatadas en dos suelos en la concentración de cadmio foliar en maíz bajo condiciones de invernadero. Tesis (tesis de grado). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía, 2016. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1949/F04-A23-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- AGROMEAT. Guía técnica para cultivar rabanitos [en línea]. Buenos Aires, Argentina. (26 de enero de 2009). [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2016]. Disponible en <http://www.agromeat.com/15211/guia-tecnica-para-cultivar-rabanitos-2>
- AGROES. Rábano, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico [en línea]. España. (s.f.). [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2016]. Disponible en <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/rabano/428-rabano-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- ARROYAVE, Catalina, ARAQUE, Pedronel y PELAEZ, Carlos. Evaluación de la bioacumulación y toxicidad de cadmio y mercurio en pasto llanero (*Brachiaria dictyoneura*). Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica [en línea]. 17 (1). 2010. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2016]. 45 – 49. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815395006>

ISSN: 0121-4004
- BAUTISTA, Francisco. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados [en línea]. Mérida, Yucatán, México: Ediciones de la universidad Autónoma de Yucatán. 1999. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2017]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=yE2Jq3z7ex4C&pg=PA53&dq=elementos+pesados&hl=es->

419&sa=X&ved=0ahUKEwjL4Y_5g8_UAhWCPCYKHSTbDnkQ6AEIIDA#v=onepage&q=elementos%20pesados&f=false

ISBN: 9687556811

- BIODISPONIBILIDAD y fraccionamiento de metales pesados en suelos agrícolas enmendados con biosólidos de origen municipal [en línea] por Eduardo Gonzales Flores [et al]. Puebla, México: Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]. 27 (4), Agosto 2011. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2016]. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000400002

ISSN: 0188-4999

- CAMPOS, Irene. Saneamiento ambiental [en línea]. San José, Costa Rica: Universidad estatal a distancia, 2003. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2017]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA120&dq=definicion+de+residuos+solidos+municipale&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiR4ZPo3IHVAhVIYiYKHx36C7YQ6AEIJzAB#v=onepage&q=definicion%20de%20residuos%20solidos%20municipale&f=false>

ISBN: 9968310697

- CASSERES, Ernesto. Producción de hortalizas [en línea]. 3ª ed. San José, Costa Rica: IICA. 1980 [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2016]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=thsPAQAAIAAJ&pg=PA272&dq=rabanito+\(Raphanus+sativus\)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDnM_81PTPAhXJSyYKHQpXCgIQ6AEIPjAH#v=onepage&q=rabanito%20\(Raphanus%20sativus\)&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=thsPAQAAIAAJ&pg=PA272&dq=rabanito+(Raphanus+sativus)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDnM_81PTPAhXJSyYKHQpXCgIQ6AEIPjAH#v=onepage&q=rabanito%20(Raphanus%20sativus)&f=false)
- CASTILLO, Francisco. Biotecnología ambiental [en línea]. Madrid, España: Tébar, 2005 [Fecha de consulta 17 de junio de 2017]. Disponible en

https://books.google.com.pe/books?id=19ffPAm3E3kC&pg=PA227&dq=que+es+el+plomo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwir3aDw64HVAhUD3SYKHW_PDr4Q6AEISDAH#v=onepage&q=que%20es%20el%20plomo&f=false

ISBN: 9788473602112

- CONAM. Manual para la gestión de residuos sólidos en la institución educativa. Lima, Perú: Índice publicidad. 2005. 93 pp.
- CONAM. Guía técnica para la formulación e implementación de planes de minimización y reaprovechamiento de residuos sólidos en el nivel municipal. Lima, Perú: [s.n.], 2006.
- CONTENIDO de Metales Pesados en Abonos Orgánicos, Sustratos y Plantas Cultivadas en Organopónicos [en línea] por Milrelys Rodríguez [et al]. Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 33 (2), Abril - Junio 2012. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2017]. Disponible en <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/944628>

ISSN: 1819-4087

- DALZELL, H.W. Manejo de suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales [en línea]. Roma, 1991 [Fecha de consulta: 13 de junio de 2017]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=WgZ47ud_bpoC&pg=PA134&dq=como+se+da+la+bioacumulacion+de+metales+pesados+en+las+plantas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwig4OvAgJLVAhVFyj4KHclkBVCQ6AEIJDAB#v=onepage&q=como%20se%20da%20la%20bioacumulacion%20de%20metales%20pesados%20en%20las%20plantas&f=false

ISBN: 9253025530

- DOMÉNECH, Xavier y Peral, José. Química ambiental de sistemas terrestres [en línea]. España: Reverté. 2006 [Fecha de consulta: 09 de noviembre de 2016]. Disponible en

<https://books.google.com.pe/books?id=S4bjFOEXRzMC&pg=PA119&dq=elementos+pesados+de+la+tabla+periodica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjSv7CGic7UAhXK4yYKHUF3CckQ6AEILzAD#v=onepage&q=elementos%20pesados%20de%20la%20tabla%20periodica&f=false>

ISBN: 8429179062

- FAO. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales [en línea]. Roma. 1991. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2016]. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=WgZ47ud_bpoC&printsec=frontcover&dq=isbn:9253025530&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwihyfeXt4fUAhVPySYKHU4wDoAQ6AEIJDA#v=onepage&q&f=false

ISBN: 9253025530

- FAO. Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América Latina [en línea]. Santiago de Chile. 2013. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2017]. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

E-ISBN: 9789253078455

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación [en línea]. 5^{ta} ed. México: Mc Graw Hill, 2010 [Fecha de consulta: 01 de julio de 2017]. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

ISBN: 9786071502919

- FONNEGRA, Ramiro y JIMENEZ, Silvia. Plantas medicinales aprobadas en Colombia [en línea]. 2^a ed. Antioquia, Colombia: editorial Universidad de Antioquia. 2007. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2016]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=K8el-7ZeFpsC&pg=PA218&dq=rabanito+\(Raphanus+sativus\)&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=K8el-7ZeFpsC&pg=PA218&dq=rabanito+(Raphanus+sativus)&hl=es-)

419&sa=X&ved=0ahUKEwiDnM_81PTPAhXJSyYKHQpXCgIQ6AEIMDAE#v=onepage&q=rabanito%20(Raphanus%20sativus)&f=false

ISBN: 9789586559997

- ANSORENA, Javier., Batalla, Eugenio. y Merino, Domingo. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos [en línea]. Zizurkil, Gipuzkoa, País Vasco: Fraisoro. 2014. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2017]. Disponible en http://www.blueberrieschile.cl/wp-content/uploads/2015/07/pdf_000304.pdf
- GALAN, Emilio y Romero, Antonio. Contaminación de suelos por metales pesados. Revista de la sociedad española de mineralogía. [En línea]. Noviembre 2008, nº10. [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2017]. Disponible en http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf

ISSN: 1885-7264

- GALLEGO, Alejandrina, Garcinuño, Rosa y Morcillo M^a José. Experimentación en química analítica [en línea]. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. 2013. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2016]. disponible en https://books.google.com.pe/books?id=6xyP_oVTfoIC&pg=PT62&dq=fundamento+de+la+espectrometria+de+absorcion+atomica+con+llama&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDho3w9M_UAhXF4yYKHW_YCLsQ6AEILjAC#v=onepage&q=fundamento%20de%20la%20espectrometria%20de%20absorcion%20atomica%20con%20llama&f=false

ISBN: 9788436265309

- GOBIERNO de Chile Ministerio de Agricultura SGA. Criterios de Calidad de Suelo Agrícola (En revisión). Chile. 2005. [Fecha de consulta: 31 de octubre de 2016]. Disponible en: http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf

- GONZALES, José y Chueca, Ana. C4 y CAM Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas [en línea]. Madrid, España. 2010. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2016]. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=afd-Pkx9oklC&pg=PT64&dq=Capacidad+de+asimilaci%C3%B3n+de+metales+pesados+por+las+plantas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwif-7PO3c_UAhXBSCYKHd2YAEYQ6AEIMzAE#v=onepage&q=Capacidad%20de%20asimilaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20por%20las%20plantas&f=false

ISBN: 9788400092139

- HEINEMANN, Klaus. Introducción a la metodología de la investigación empírica [en línea]. España: editorial Paidotribo, 2003. [Fecha de consulta: 03 de julio de 2017]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=bjJYAButfB4C&pg=PA135&dq=definicion+de+tecnica+de+observacion+directa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiG5q3D24PVAhWG7CYKHSPwBwQQ6AEIJjAB#v=onepage&q=definicion%20de%20tecnica%20de%20observacion%20directa&f=false>

ISBN: 8480196785

- HENRY, Glynn y HEINKE, Gary. Ingeniería Ambiental [en línea]. 2^{da} ed. México: Prentice hall, 1999. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2017]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=ToQmAKnPpzlC&pg=PA567&dq=definicion+de+residuos+solidos+municipale&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiR4ZPo3IHVAhVIYiYKHx36C7YQ6AEIIDA#v=onepage&q=definicion%20de%20residuos%20solidos%20municipale&f=false>

ISBN: 013120650B

- HOYOS, Marlon, GUERRERO, Ana. Bioacumulación de plomo y cadmio en *Brassica oleracea* SUBSP. *CAPITATA* (L.) METZG. y *Raphanus sativus* L.

- [en línea]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. 25 de junio de 2014. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2016]. Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/849-2584-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/849-2584-1-PB%20(1).pdf)
- IFCS Seguridad Química para el Desarrollo Sostenible. Inquietudes sobre la salud y el Medio Ambiente con los Metales pesados: ¿necesidades globales para acciones futuras? [en línea]. Budapest, Hungría: Quinta reunión del foro intergubernamental de seguridad química. Setiembre de 2006. [Fecha de consulta: 19 de setiembre de 2016]. Disponible en: http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/8inf_rev1_sp.pdf?ua=1
 - INEI. Población 2000 al 2015 [en línea]. Lima, Perú. S.f. [Fecha de consulta: 26 de setiembre de 2016]. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
 - INSTRUCTIVO para la producción de compost domiciliario. Una oportunidad para convertir residuos del hogar en una enmienda orgánica [en línea]. Córdoba, Argentina: INTI. s.f. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2017]. Disponible en <http://www.inti.gob.ar/compostajedomiciliario/pdf/formatodigital.pdf>
 - LANDEAU, Rebeca. *Elaboración de trabajos de investigación* [en línea]. Venezuela: Editorial Alfa, 2007. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2016]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=M_N1CzTB2D4C&pg=PA55&dq=tipo+de+estudio+aplicado&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=tipo%20de%20estudio%20aplicado&f=false
ISBN: 9803542141
 - MINAM. Guía para muestreos de suelos en el marco del Decreto supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelos. Lima, Perú: 2014. 38 pp.

- MINISTERIO de agricultura y ganadería. El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. Paraguay: 2013. 33 pp.

ISBN: 9789253077830

- MINISTERIO de agricultura, alimentación y medio ambiente. Gestion de biorresiduos de competencia municipal. Guía para la implantación de la recogida separada y tratamiento de la fracción orgánica [en línea]. España: 2013. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2017]. Disponible en http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/guia_mo_def_tcm7-285227.pdf
- MINISTERIO de Asuntos Extranjeros de Francia, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. Compendio de Agronomía Tropical [en línea]. San José, Costa Rica: IICA y el Ministerio. 1989 [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2016]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=B4sQgy22YpAC&pg=PA207&dq=rabanito+\(Raphanus+sativus\)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDnM_81PTPAhXJSyYKHQpXCgIQ6AEIHDA#v=onepage&q=rabanito%20\(Raphanus%20sativus\)&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=B4sQgy22YpAC&pg=PA207&dq=rabanito+(Raphanus+sativus)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDnM_81PTPAhXJSyYKHQpXCgIQ6AEIHDA#v=onepage&q=rabanito%20(Raphanus%20sativus)&f=false)

ISBN: 9290391529

- MIRABENT, Cecilia. Determinación de metales en hortalizas y parámetros físico-químicos de las aguas de riego de dos organopónicos de Camagüey. Tesis de maestría. Camagüey, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, 2015. Disponible en <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3066/Cecilia%20Mirabet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MUNICIPALIDAD Provincial de Huari. Ubicación del distrito de Huari (Capital de Provincia). 2016. Disponible en: <http://www.munihuari.gob.pe/web/index.php/provincia/ubicacion>

- MUNICIPALIDAD Provincial de Huari. Estudio de Caracterización de Residuos sólidos Municipales del Distrito de Huari. Huari, Ancash. 2016. 91 pp.
- OEFA. Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos. Lima, Perú. 2014. P. 28. [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2016]. Disponible en www.oefa.gob.pe
- NIVELES de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba [en línea] por Susana Olivares Rieumont [et al]. Revista internacional de contaminación ambiental. Julio 2013, 29 (4). [Fecha de consulta: 10 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/29664>
ISSN: 285-294
- OMS. Inocuidad de los alimentos [en línea]. Diciembre de 2015. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es/>
- OMS. Intoxicación por plomo y salud [en línea]. Setiembre de 2016. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>
- OMS. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2016]. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/
- PUERTA, Silvia. Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Revista Lasallista de investigación [en línea]. 1(1). 2012. [Fecha de consulta: 09 de setiembre]. 56 - 65. Disponible en: <http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista/Vol1n1/056-65%20Los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20municipales%20acondicionadores%20del%20suelo.pdf>

- RAMOS, José. Estudio de la contaminación por metales pesados y otros proceso de degradación química en los suelos de invernadero del Poniente Almeriense. Tesis doctoral. Almería: Universidad de Almería, facultad de ciencias experimentales, 2002. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?id=EaxMAQAAQBAJ&pg=PA22&dq=bi oacumulacion+de+metales+pesados&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj57PWuYfUAhWC5iYKHVHWDywQ6AEINTAF#v=onepage&q=bioacumulacio n%20de%20metales%20pesados&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=EaxMAQAAQBAJ&pg=PA22&dq=bi+oacumulacion+de+metales+pesados&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj57PWuYfUAhWC5iYKHVHWDywQ6AEINTAF#v=onepage&q=bioacumulacion%20de%20metales%20pesados&f=false)
- RODRIGUEZ, Marcos y Córdova, Ana. Manual de compostaje Municipal, tratamiento de residuos sólidos urbanos. México: Secretaria de medio ambiente y recursos naturales SEMARNAT. 2006. 104 pp.

ISBN: 9709983059
- SENASA. Procedimiento: Toma y envío de muestras de alimentos agropecuarios primarios y piensos. Perú: Dirección de insumos agropecuarios e inocuidad alimentaria. 2012. 39 pp. Disponible en: <http://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2015/10/PRO-SIAG-07.-PROCEDIMIENTO-TOMA-Y-ENV%3%8DO.pdf>
- SENAMHI. Datos históricos de temperaturas del departamento de Ancash [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2016]. Disponible en http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000445
- SISTEMA de información para la gestión de residuos sólidos (SIGERSOL). Informe anual 2015 [en línea]. Lima, Perú: MINAM. [Fecha de consulta: 09 de setiembre de 2016]. Disponible en: <http://sigersol.minam.gob.pe/2015/verInforme.php?id=150>
- SOLEDAD, Beatriz. La contaminación ambiental y sus consecuencias toxicológicas [en línea]. [s.l.]. [s.n.]. [s.f.]. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?id=IO_aAgAAQBAJ&pg=PA26&dq=bio disponibilidad+de+elementos+pesados+en+el+suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj194Cckc_UAhVB5CYKHQf7DsEQ6AEILTAD#v](https://books.google.com.pe/books?id=IO_aAgAAQBAJ&pg=PA26&dq=bio+disponibilidad+de+elementos+pesados+en+el+suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj194Cckc_UAhVB5CYKHQf7DsEQ6AEILTAD#v)

=onepage&q=biodisponibilidad%20de%20elementos%20pesados%20en%20el%20suelo&f=false

- Tecnología minera. La geodisponibilidad y biodisponibilidad de metales pesados en la actividad minera [en línea]. [Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2016]. Disponible en http://www.tecnologiaminera.com/tm/biblioteca/pdfart/140111031003_a.pdf
- YACOMELO, Marlon. Riesgo toxicológico en Personas expuestas, a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, en el sur del atlántico, Colombia. Tesis (Máster en ciencias agrarias). Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2014. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12822/1/201125286.2014.pdf>
- UNIVERSIDAD de Alicante. Espectrometría de Masa por Plasma de Acoplamiento Inductivo [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2016]. Disponible en: <https://ssti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-analisis/espectrometria-de-masas-por-plasma-de-acoplamiento-inductivo.html>
- VASQUEZ, Manuel. Avances en seguridad alimentaria [en línea]. España: Altaga. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2017]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=MxtaqbHu6WwC&pg=PA9&dq=que+es+el+cadmio&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi9zuqz9YHVAhXRfiYKHbWjCd0Q6AEIODAF#v=onepage&q=que%20es%20el%20cadmio&f=false>

ISBN: 8460723402

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	JUSTIFICACIÓN	VARIABLES	METODOLOGÍA
General	General	General	El manejo adecuado de los RR.SS en muchas ciudades de nuestro país es deficiente, ya que si se analiza la forma como la población manipula la basura, se observa la falta de cultura y conciencia social en la generación, segregación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos (Argotty, 2009, p. 12). En ese sentido el tratamiento de los residuos solidos municipales mediante el compostaje pudiera no garantizar su calidad al usarlo como abono para el cultivo de hortalizas. El consumo de hortalizas contaminadas con plomo y cadmio, causan efectos en la salud, ocasionando daños en los organos de los sitemas neurológico, cardiovascular, gastrointestinal, hematologico y reproductivo; o acumulacion en riñones, huesos y pulmones (Hoyos y Guerrero, 2014, p. 72). Por ese motivo se justifica la importancia de este proyecto de investigación en determinar si existe bioacumulacion de Pb y Cd en <i>Raphanus sativus</i> cultiavados concompost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, ancash, 2017.	compost producido a base de residuos sólidos municipales (Variable 1)	Enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental.
¿Existe bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en <i>Raphanus sativus</i> cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017?	Determinar la bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en <i>Raphanus sativus</i> cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.	El plomo (Pb) y cadmio (Cd) son bioacumulados en <i>Raphanus sativus</i> cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.			Población: La población en el caso del compost 34 pilas o rumas y en el caso del <i>Raphanus sativus</i> todas las plantas cultivadas.
Específicos	Específicos	Específicos			Muestra: 4 pilas o rumas maduras de compost producido a base de residuos sólidos municipales y en el caso del <i>Raphanus sativus</i> todas las plantas cultivadas
a) ¿Cuál es la relación que existe entre la concentración de plomo (Pb) presente en el <i>Raphanus sativus</i> y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado en diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017?	a) Determinar la relación que existe entre la concentración de plomo (Pb) presente en el <i>Raphanus sativus</i> y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado en diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.	a) Existe relación entre la concentración de plomo (Pb) presente en el <i>Raphanus sativus</i> y la concentración de plomo (Pb) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.		Bioacumulación de plomo y cadmio en <i>Raphanus sativus</i> (Variable 2)	Observación. Los instrumentos a utilizar serán registro de campo de muestreo, guías y protocolos que faciliten el desarrollo del proyecto
a) ¿Qué relación existe entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el <i>Raphanus sativus</i> y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado en diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017?	a) Determinar la relación que existe entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el <i>Raphanus sativus</i> y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado en diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.	a) Existe relación entre la concentración de cadmio (Cd) presente en el <i>Raphanus sativus</i> y la concentración de cadmio (Cd) presente en el compost usado a diferentes proporciones en Huari, Ancash 2017.			

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2. Validación del instrumento 1



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO, ELMER
 1.2. Cargo e institución donde labora: DIC. HADON
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: HADON
 1.4. Autor(A) de instrumento: ASENCIOS MARQUEZ, PERRY CLARET

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 25 de NOVIEMBRE del 2016

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 75401009 Telf. 987212009

Anexo 3. Validación del instrumento 2



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: MUNNE CERON RUBEN
 1.2. Cargo e institución donde labora: DIC - UCV Ing. Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE CAMPO DE MUESTREO
 1.4. Autor(A) de Instrumento: AGENCIAS MARGUEZ THERY CLARET

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuando a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

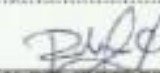
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 14 de Noviembre del 2016


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 19859810 Tel. 964338375

Anexo 4. Validación del instrumento 3



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: FARTE JURADO, CINTHYA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE TC
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE CAMPO DE PUESTRO
 1.4. Autor(A) de Instrumento: ASENCIOS MARGUES, RILEY CLARET

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ☒ Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- ☐ Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85

85 %

Lima, 25 DE ABRIL del 2016


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 4073628 Telf.


Anexo 5. Registro de campo de muestreo de suelo

REGISTRO DE CAMPO DE MUESTREO DE SUELO					
DATOS GENERALES					
Nombre del sitio de muestreo			Departamento		
Razón Social			Provincia		
Uso principal			Dirección predio		
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO					
Nombre del punto de muestreo			Operador (empresa)		
Coordenadas (UTM)	Norte	Este	Descripción de Superficie (pastos, cemento, vegetación)		
Responsable de muestreo			Precipitación (si/no)		
Profundidad final			Comentarios		
DATOS DE LA MUESTRA					
Código de la muestra					
Fecha					
Hora					
Profundidad (mts, bajo la superficie)					
Características organolépticas					
Color					
Olor					
Textura					
Componente antropogénicos					
Cantidad de muestra (Aprox. Peso)					
Tipo de muestra (simple o compuesta)					

Fuente: Adaptado de la Guía para Muestreo de Suelo (D.S.Nº 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Suelo)

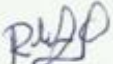

ING. RUBEN MUNNE C.
CIP 38103


ELMER L. GONZALES BENTES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71998



CIP: 14 3463
CINTHYA FARJE JURADO

Anexo 6. Registro de campo de muestreo de vegetal

REGISTRO DE CAMPO DE MUESTREO DE VEGETAL						
DATOS GENERALES						
Nombre del sitio de muestreo			Departamento			
Razón Social			Provincia			
Uso principal			Dirección predio			
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO						
Nombre del punto de muestreo			Operador (empresa)			
Coordenadas (UTM)	Norte	Este	Descripción de Superficie (pastos, cemento, vegetación)			
Responsable de muestreo			Precipitación (si/no)			
Profundidad final			Comentarios			
DATOS DE LA MUESTRA						
Código de la muestra						
Fecha						
Hora						
Dimensiones de la hoja						
Color de la hoja						
Forma de la hoja						
Longitud del tallo						
Diametro del tallo						
Color del tallo						
Longitud de la raíz						
Diametro de la raíz						
Forma de la raíz						
Color de la raíz						
Peso de la raíz						
Cantidad de muestra (Aprox. Peso)						
Tipo de muestra (simple o compuesta)						


 Ing. R. M. N. V. C.
 CIP 38103


 ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 RNE CIP N° 71998


 CIP: 143463
 CINTHYA FARJE SURODO

Anexo 7. Contenidos máximos de plomo en el vegetal según la UE

20.12.2006

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 364/19

Productos alimenticios ⁽¹⁾		Contenidos máximos (mg/kg peso fresco)
3.1.11	Hortalizas del género <i>Brassica</i> , hortalizas de hoja y setas cultivadas ⁽²⁷⁾	0,30
3.1.12	Frutas, excluidas las bayas y las frutas pequeñas ⁽²⁷⁾	0,10
3.1.13	Bayas y frutas pequeñas ⁽²⁷⁾	0,20
3.1.14	Grasas y aceites, incluida la grasa láctea	0,10
3.1.15	Zumos de frutas, zumos de frutas concentrados reconstituidos y néctares de frutas ⁽¹⁴⁾	0,050
3.1.16	Vino (incluidos los vinos espumosos y excluidos los vinos de licor), sidras, peradas y vinos de frutas ⁽¹¹⁾	0,20 ⁽²⁸⁾
3.1.17	Vinos aromatizados, bebidas aromatizadas a base de vino y cócteles aromatizados de productos vitivinícolas ⁽¹³⁾	0,20 ⁽²⁸⁾

Fuente: tomado de <https://www.boe.es/doue/2006/364/L00005-00024.pdf>

Anexo 8. Contenidos máximos de cadmio en el vegetal según la UE

L 364/20		ES	Diario Oficial de la Unión Europea	20.12.2006
Productos alimenticios ⁽¹⁾		Contenidos máximos (mg/kg peso fresco)		
3.2.11	Cereales, excluido el salvado, el germen, el trigo y el arroz	0,10		
3.2.12	Salvado, germen, trigo y arroz	0,20		
3.2.13	Habas de soja	0,20		
3.2.14	Hortalizas y frutas, excluidas las hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las setas, los tallos jóvenes, los piñones, las hortalizas de raíz y las patatas ⁽²⁷⁾	0,050		
3.2.15	Hortalizas de hoja, hierbas frescas, setas cultivadas y apionabos ⁽²⁷⁾	0,20		
3.2.16	Tallos jóvenes, hortalizas de raíz y patatas, excluidos los apionabos ⁽²⁷⁾ . En el caso de las patatas, el contenido máximo se aplica a las patatas peladas	0,10		

Fuente: tomado de <https://www.boe.es/doue/2006/364/L00005-00024.pdf>

Anexo 9. Límites de concentración de metales pesados en compost

Metal pesado	Límites de concentración mg/kg de materia seca	
	Clase A	Clase B
Cadmio	0,7	2
Cobre*	70	300
Níquel*	25	90
Plomo	45	150
Zinc	200	500
Mercurio	0,4	1,5
Cromo (total)*	70	250
Cromo (VI)	0,5	0,5

Fuente: Tomado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2010/BOE-A-2010-11153-consolidado.pdf>

Anexo 10. Niveles máximos de cadmio en el vegetal según el Codex Alimentarius

CODEX STAN 193-1995

42

Nombre del producto básico/producto	Nivel máximo (NM) mg/kg	Parte del producto básico/producto a que se aplica el nivel máximo (NM)	Notas/observaciones
Hortalizas de hoja	0,2	Todo el producto que se comercializa normalmente, después de eliminar las hojas claramente descompuestas o marchitas.	El NM también es aplicable a las hortalizas de hoja brasicáceas.
Hortalizas leguminosas	0,1	Producto entero que se consume. Las formas frescas se pueden consumir como vainas enteras o como el producto sin vaina.	
Legumbres	0,1	Todo el producto.	El NM no es aplicable a la soja (seca).
Raíces y tubérculos	0,1	Todo el producto después de eliminar las puntas. Eliminar el suelo adherente (p.ej., enjuagándolo con agua corriente o cepillando suavemente el producto seco). Patatas (papas): patatas peladas.	El NM no es aplicable al apionabo.
Hortalizas de tallos y brotes	0,1	Todo el producto que se comercializa después de eliminar las partes claramente descompuestas o marchitas. Ruibarbo: brotes de hojas sólo. Alcachofa: la cabeza solamente. Apio y espárragos: eliminar el suelo adherente.	
Cereales en grano	0,1	Todo el producto	El NM no es aplicable al trigo sarraceno, cañihua, quinoa, trigo y arroz.
Arroz, pulido	0,4	Todo el producto	

Fuente: Tomado de file:///C:/Users/USER/Downloads/CXS_193s_2015%20(1).pdf

Anexo 11. Niveles máximos de plomo en el vegetal según el Codex Alimentarius



CODEX STAN 193-1995

45

Nombre del producto básico/producto	Nivel máximo (NM) (mg/kg)	Porción del producto/producto al que se aplica el NM	Notas/observaciones
Brasicáceas	0,1	Repollos y colinabos: el producto entero como se comercializa, después de la eliminación de las hojas evidentemente marchitas o descompuestas. Coliflor y brócol: inflorescencias (sólo las inmaduras). Colecillas de Bruselas: sólo los botones.	El NM no se aplica a la col rizada ni a las brasicáceas de hoja.
Hortalizas de bulbo	0,1	Bulbos/cebollas secas y ajos: el producto entero después de eliminar las raíces y la tierra adherida y cualquier fracción de piel fácil de retirar.	
Hortalizas de fruto	0,05	Totalidad del producto después de la eliminación de los tallos. Maíz dulce y maíz fresco: los granos y la mazorca sin cáscara.	El NM no se aplica a los hongos y las setas.
Hortalizas de hoja	0,3	Todo el producto como se comercializa comúnmente, después de retirarse las hojas evidentemente descompuestas o marchitas.	El NM se aplica a las brasicáceas de hoja pero no se aplica a las espinacas.
Legumbres	0,1	La totalidad del producto tal como se consume. Las variedades suculentas se pueden consumir como vainas enteras o el producto desgranado.	
Legumbres	0,2	Todo el producto	
Raíces y tubérculos	0,1	Todo el producto después de eliminar la parte superior. Eliminar la tierra adherida (p.ej., enjuagando en agua corriente o por cepillado suave del producto seco). Patatas: patatas peladas.	
Fruta en conserva	0,1	El NM se aplica a los productos tal como se consumen.	El NM no se aplica a las bayas y otros frutos pequeños en conserva. Las normas del Codex para productos pertinentes son CODEX STAN 242-2003, CODEX STAN 254-2007, CODEX STAN 78-1981, CODEX STAN 159-1987, CODEX STAN 42-1981, CODEX STAN 99-1981.

Fuente: Tomado de file:///C:/Users/USER/Downloads/CXS_193s_2015%20(1).pdf

Anexo 12. Concentración de plomo y cadmio en suelo (muestra testigo)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES


INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MERY ASENCIOS MARQUEZ
PROCEDENCIA : ANCASH/ HUARI/ HUARI
REFERENCIA : H.R. 58397
BOLETA : 263
FECHA : 10/05/17

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm
2633	MS-01	26.63	0.55

Metodologías Empleadas:

- Plomo Total: Espectrofotometría de Absorción Atómica.
- Cadmio Total: Espectrofotometría de Absorción Atómica.



Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 814-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: UNALM

Anexo 13. Concentración de plomo y cadmio en compost



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE : MERY ASENCIOS MARQUEZ
PROCEDENCIA : ANCASH/ HUARI/ HUARI/ CENTRO ECOLÓGICO HUANCHAC
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R. 58781
FECHA : 12/05/17

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	pH
348		25.34	1.36	6.10



Sady García Bendezi
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: UNALM

Anexo 14. Concentración de plomo y cadmio en el *Raphanus sativus*



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : MERY ASENCIOS MARQUEZ

PROCEDENCIA : ANCASH/HUARI/HUARI

MUESTRA : PLANTAS DE RABANITO

REFERENCIA : H.R. 06039

BOLETA : 422

FECHA : 23/08/2017

N. Lab	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm	Cd ppm
4015	T1	3.10	0.70
4016	T2	4.40	1.20
4017	T3	5.10	0.90
4018	T4	4.60	0.80
4019	T1-R	2.60	0.60
4020	T2-R	3.60	1.00
4021	T3-R	5.20	1.30
4022	T4-R	5.10	1.00

Metodologías Empleadas:

- Plomo Total: Espectrofotometría de Absorción Atómica
- Cadmio Total: Espectrofotometría de Absorción Atómica



Sady García Bendezo
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: UNALM

Anexo 15. Concentración de plomo y cadmio en la muestra testigo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : MERY ASENSIOS MARQUEZ
PROCEDENCIA : ANCASH/ HUARI/ HUARI
MUESTRA : PLANTAS DE RABANITO
REFERENCIA : H.R. 59040
BOLETA : 422
FECHA : 23/06/2017

N. Lab	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm	Cd ppm
4023	75	N.D.	0.04

N.D.: No detectable.

Metodologías Empleadas:

- Plomo Total: Espectrofotometría de Absorción Atómica.
- Cadmio Total: Espectrofotometría de Absorción Atómica.



Sady García Bendezo
Sady García Bendezo
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: lab_suelo@lamolina.edu.pe

Fuente: UNALM



Fotografía 10. Vista panorámica del Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.



Fotografía 11. Vista de diferentes cultivos en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.



Fotografía 12. Pilas de compost elaborado con RR.SS municipales en el Centro Ecológico de Huanchac, Huari, Ancash.